

알튜비튜 백트래킹

오늘은 코딩테스트에 많이 나오는 알고리즘 중 하나인 백트래킹에 대해 배웁니다.
전번에 배운 완전탐색(브루트포스)에서 조금 더 발전해서, 더 이상 가망 없는 후보를 제외하고 탐색하는 알고리즘이죠.

백트래킹

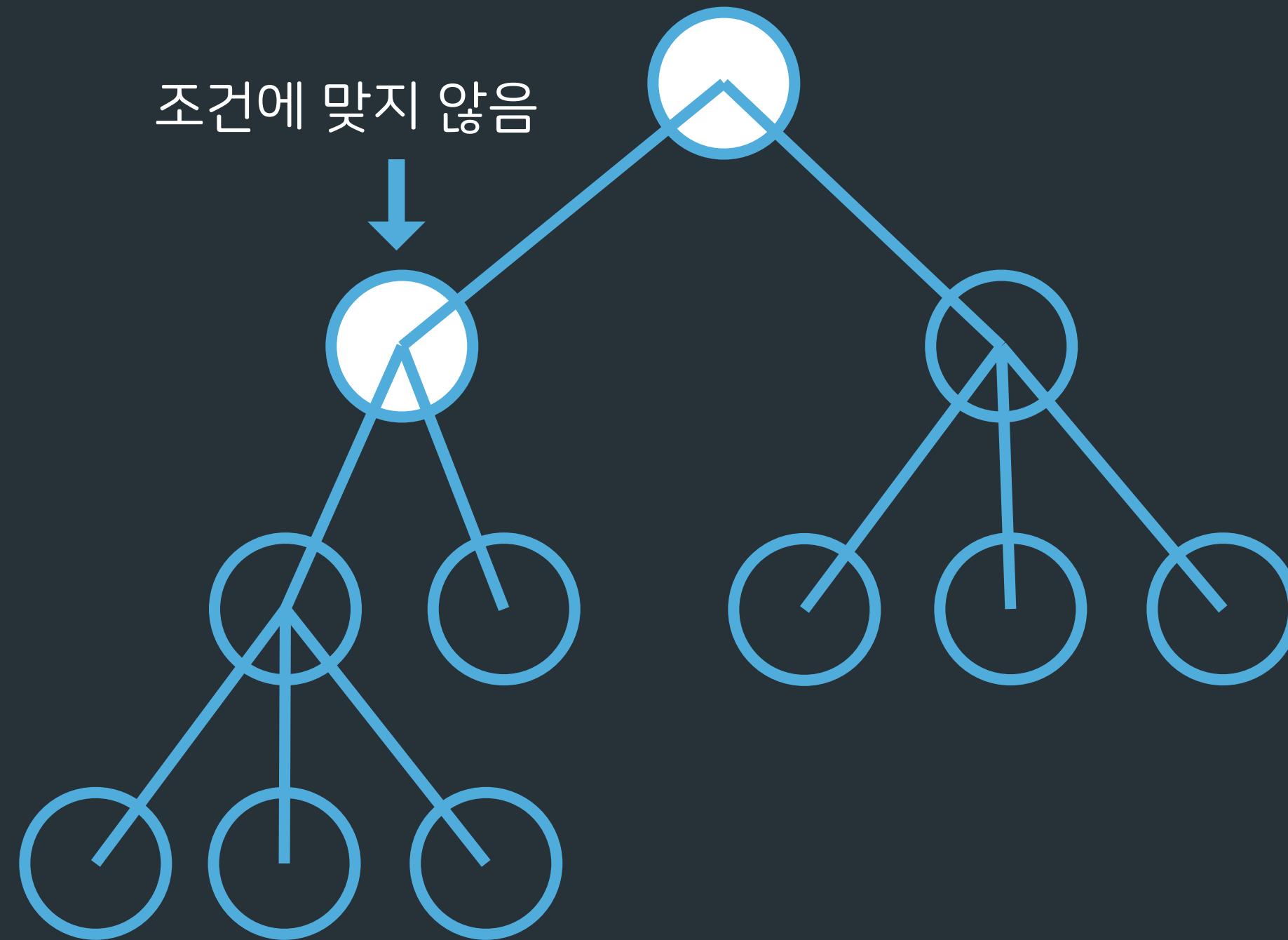
- 완전탐색처럼 모든 경우를 탐색하나, 중간 과정에서 조건에 맞지 않는 케이스를 가지치기하여 탐색 시간을 줄이는 기법
- 모든 경우의 수를 탐색하지 않기 때문에 완전탐색보다 시간적으로 효율적임
- 탐색 중 조건에 맞지 않는 경우 이전 과정으로 돌아가야 하기 때문에, 재귀를 사용하는 경우 많음
- 조건을 어떻게 설정하고, 틀렸을 시 어떤 시점으로 돌아가야 할지 설계를 잘 하는 것이 중요

과정

- 어떤 노드의 유망성(promising)을 점검
 - 조건에 맞는지 안맞는지
 - 답이 될 수 있는지 없는지
- 유망하지 않다면(non-promising) 배제함 (가지치기)

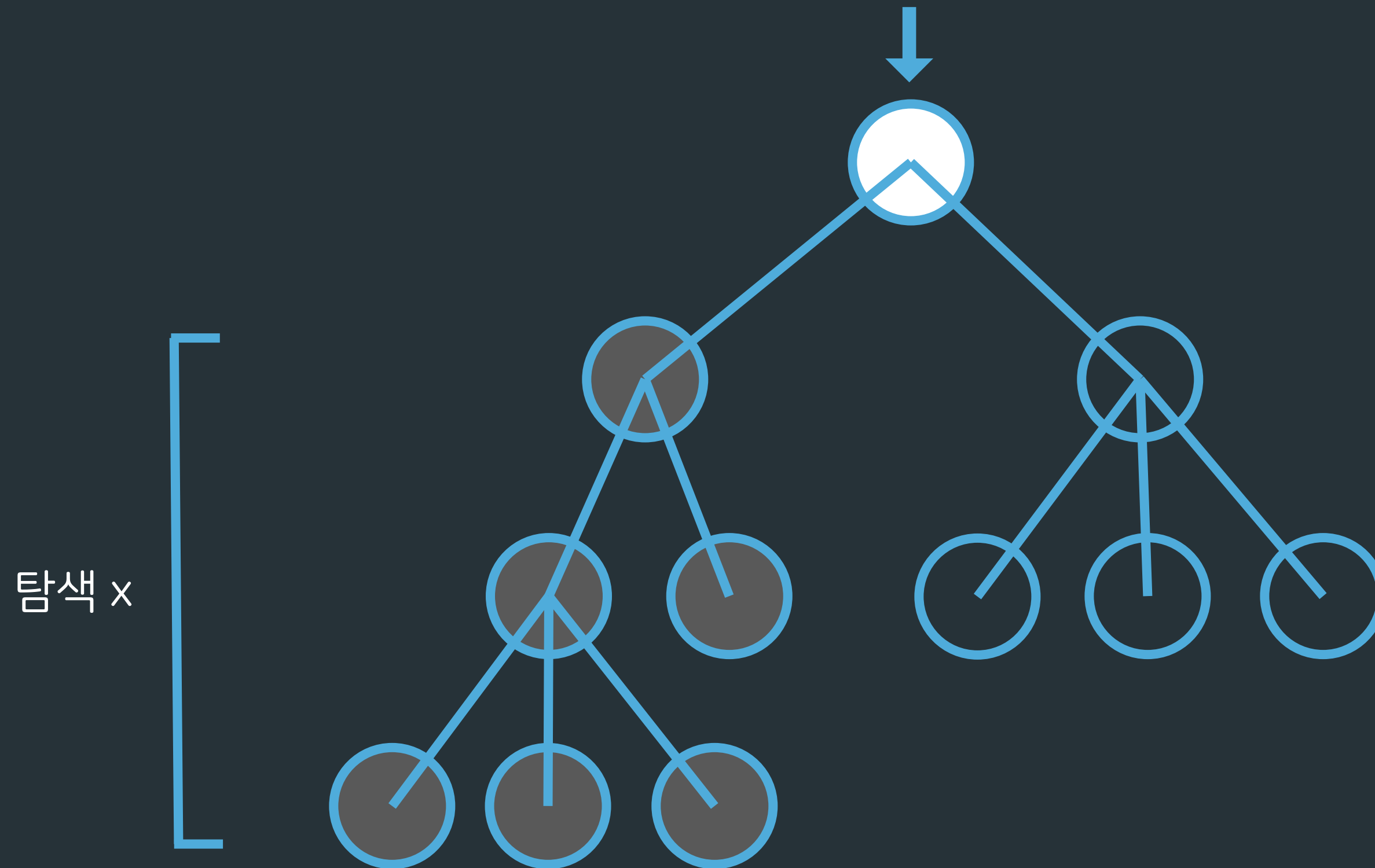
가지치기

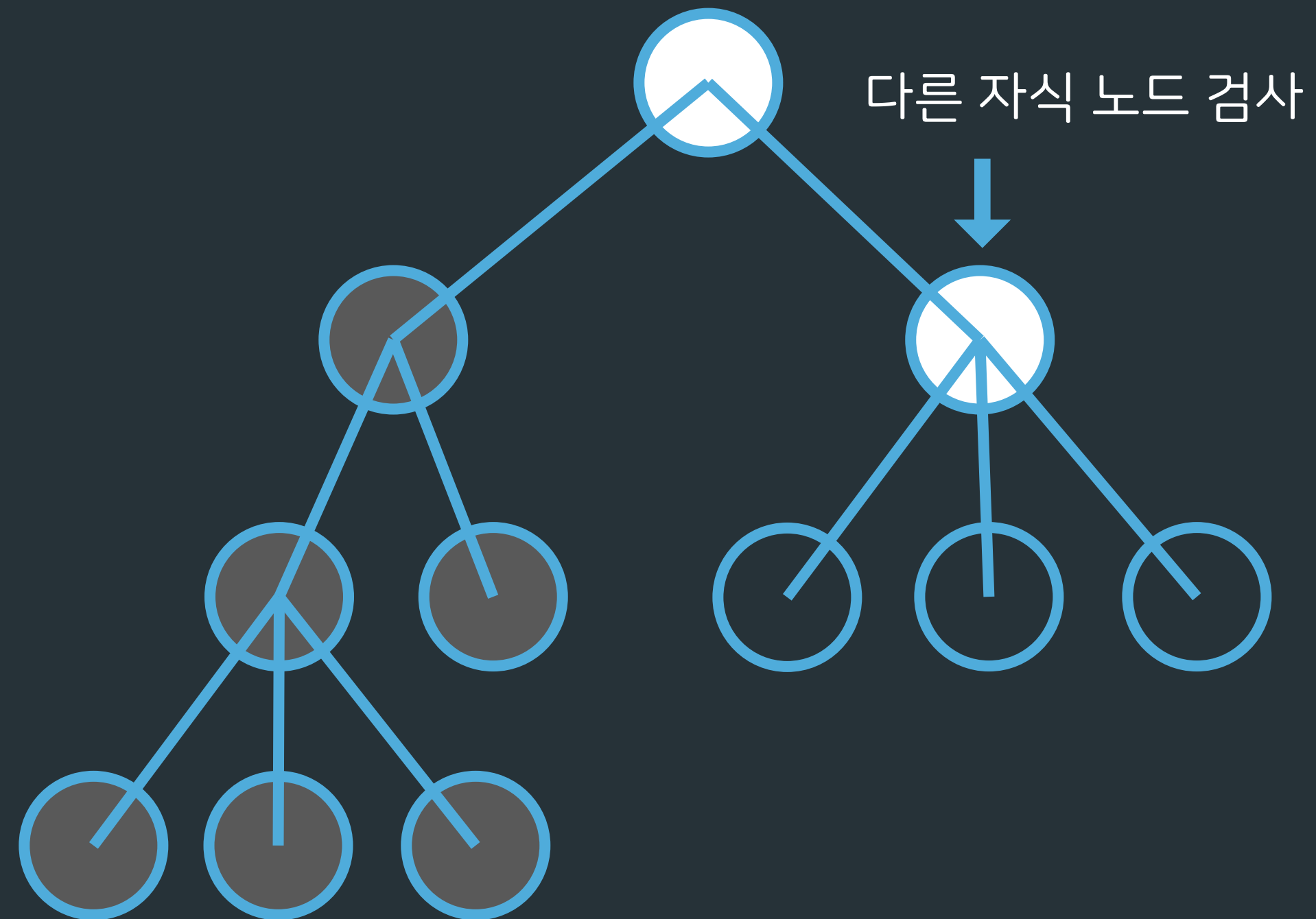
- 지금의 경로가 해가 될 것 같지 않으면(non-promising)
그 전으로 되돌아 가는 것(back)
- 즉, 불필요한 부분을 쳐내는 것
- 되돌아간 후 다시 다른 경로 검사
- 가지치기를 얼마나 잘하느냐에 따라 효율성이 결정됨



가지치기 예시

부모 노드로 돌아감





"즉, 답이 될 만한지(promising) 판단하고, 그렇지 않다면 탐색하지 않고 다시 전으로 넘어가서(back) 탐색을 계속 하는 것 "

재귀함수란?

```
void f(int mine){  
    f(mine + 1);  
}
```

← 문제점은?

- 자기 자신을 호출하는 함수

재귀함수란?

```
void f(int mine){  
    if (mine == 5) ← 기저 조건  
        return;  
    f(mine + 1);  
    cout << mine << '\n';  
}
```

- 자기 자신을 호출하는 함수
- 가장 중요한 점은 기저 조건(탈출 조건)을 잘 세우는 것!

어떨 때 백트래킹을 적용하지?

백트래킹

- N의 크기가 작을 때 (주로 재귀함수로 구현하기 때문)
→ 보통 20 이하
- 그 전 과정으로 돌아가면서 하는 탐색이 필요한 경우

/<> 15649번 : N과 M(1) – Silver 3

문제

- 자연수 n , m 이 주어짐
- 1부터 n 까지의 자연수 중 중복없이 m 개를 고른 수열을 모두 구하는 문제

제한 사항

- 입력 범위는 $1 \leq m \leq n \leq 8$

예제 입력

4 2

예제 출력

1 2
1 3
1 4
2 1
2 3
2 4
3 1
3 2
3 4
4 1
4 2
4 3

/<> 15649번 : N과 M(1) – Silver 3

문제

- 자연수 n , m 이 주어짐
- 1부터 n 까지의 자연수 중 중복없이 m 개를 고른 수열을 모두 구하는 문제

제한 사항

- 입력 범위는 $1 \leq m \leq n \leq 8$

접근

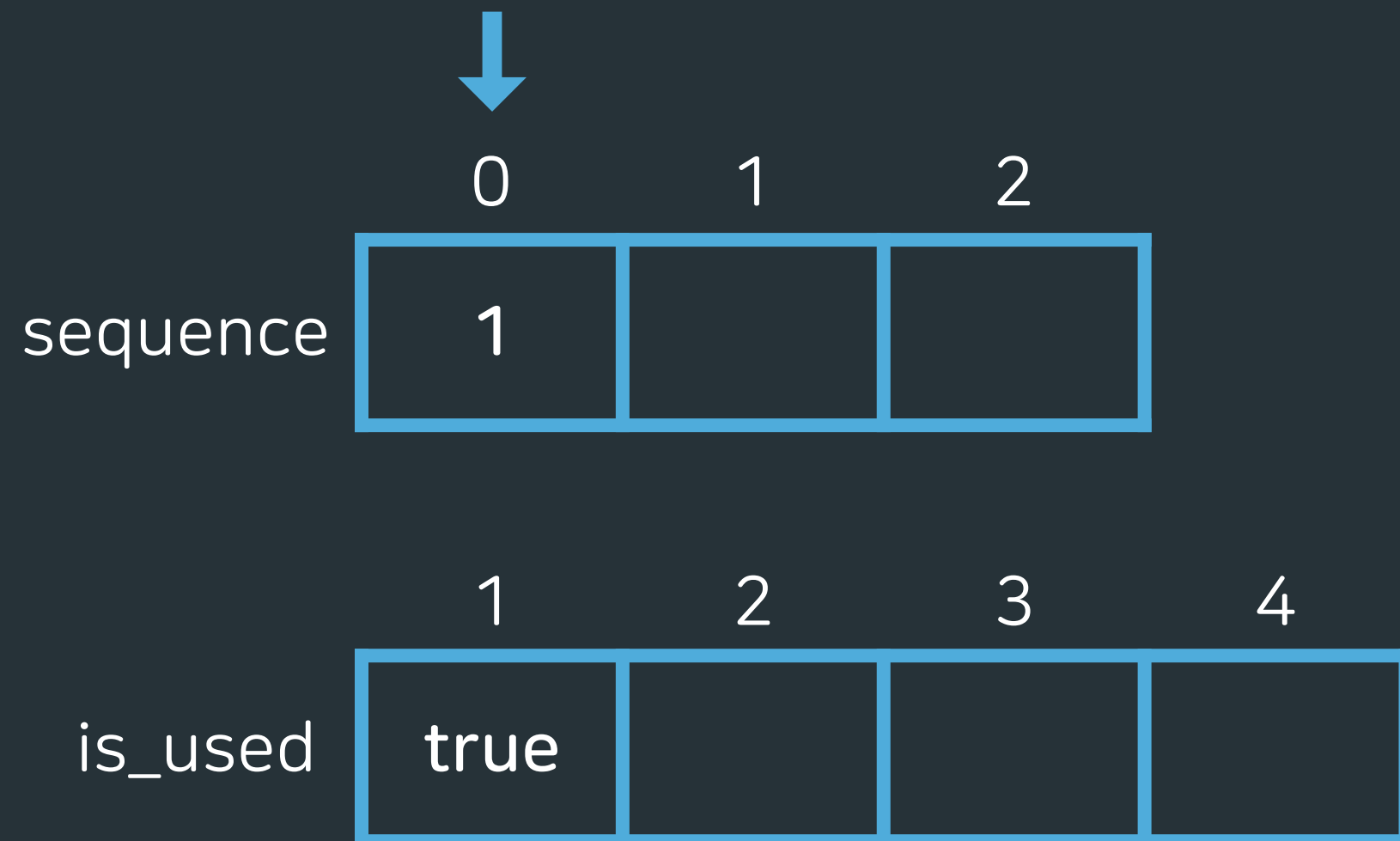
- 제약 조건을 살펴보자
→ 중복 x , 수열 길이가 m
- 재귀함수를 설계해보자
→ 각 수를 넣을 때, 이미 수열 내에 있으면 넘어감 (체크해줄 무언가가 필요)
→ 기저조건은 길이가 m 일 때!

접근

- 해당 수가 현재 수열에서 **사용이 되었는지 안되었는지** 체크하는 배열을 만들자!
- 즉, 수를 **인덱스**로 가지는 체크배열
- 가지치기의 **판단 기준**이 됨

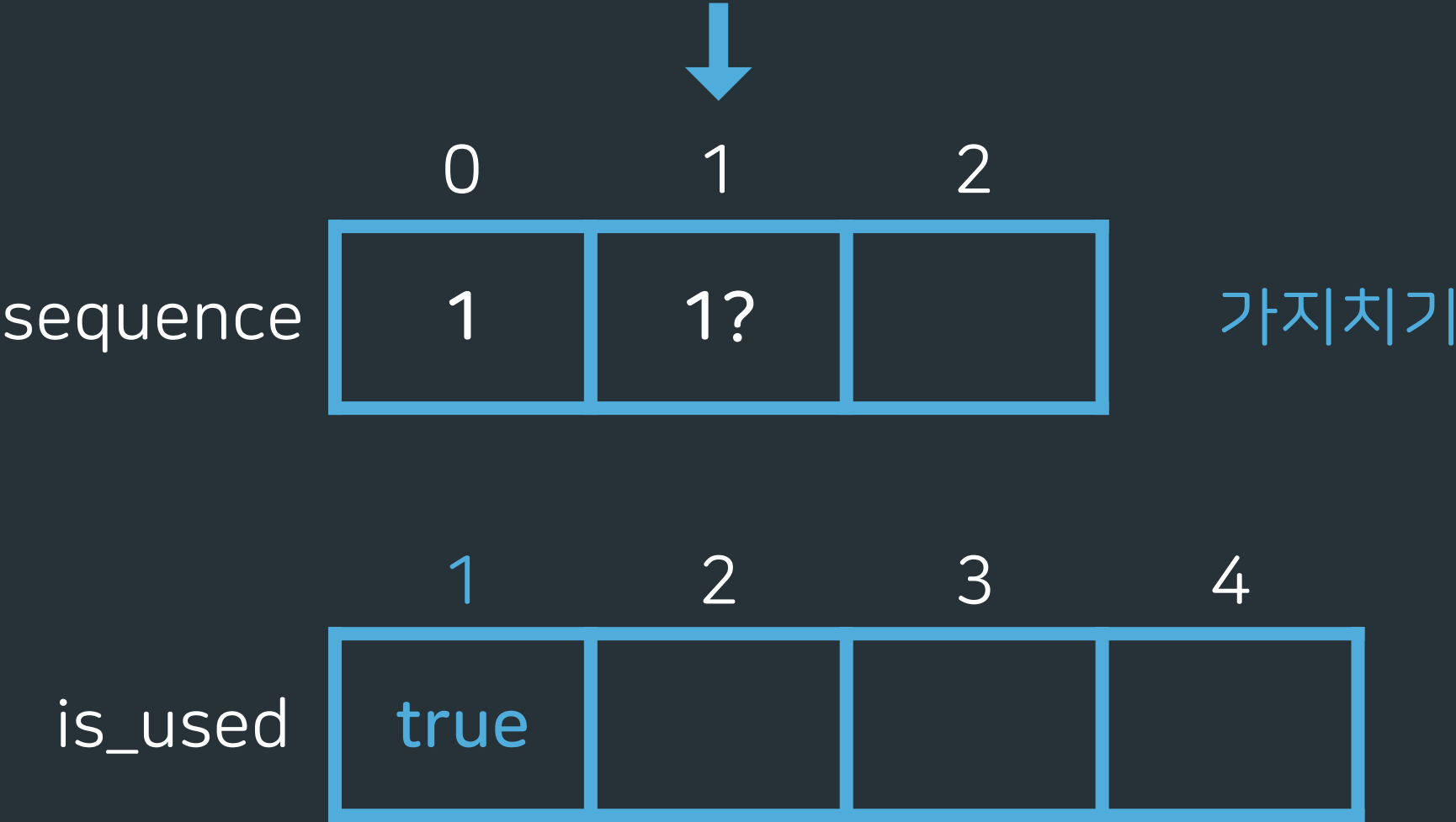
N과 M(1)

- 1부터 n 까지의 자연수 중 중복없이 m 개를 고른 수열을 모두 구하는 문제
- $n = 4, m = 2$



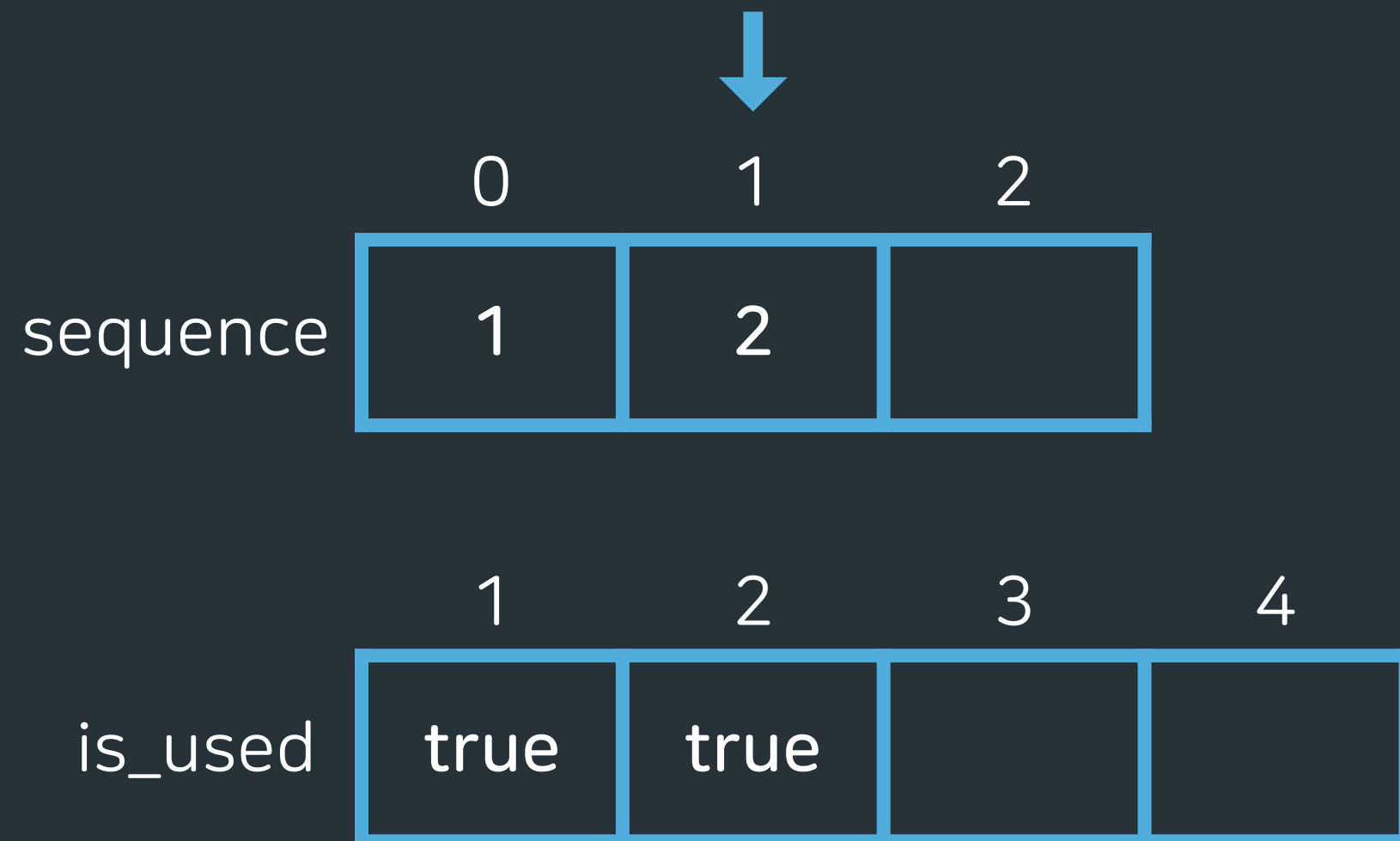
N과 M(1)

- 1부터 n까지의 자연수 중 중복없이 m개를 고른 수열을 모두 구하는 문제
- $n = 4, m = 2$



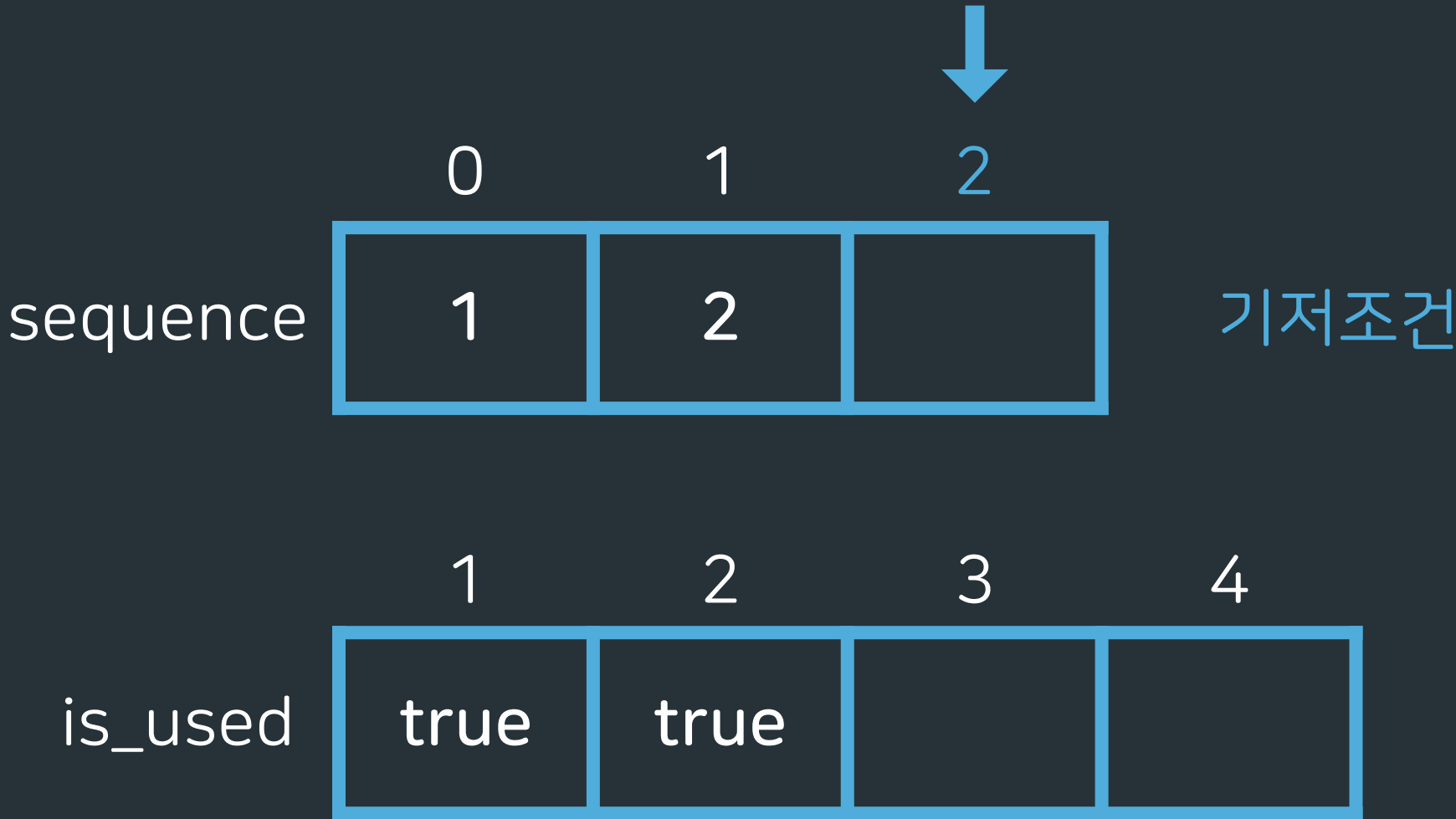
N과 M(1)

- 1부터 n 까지의 자연수 중 중복없이 m 개를 고른 수열을 모두 구하는 문제
- $n = 4, m = 2$



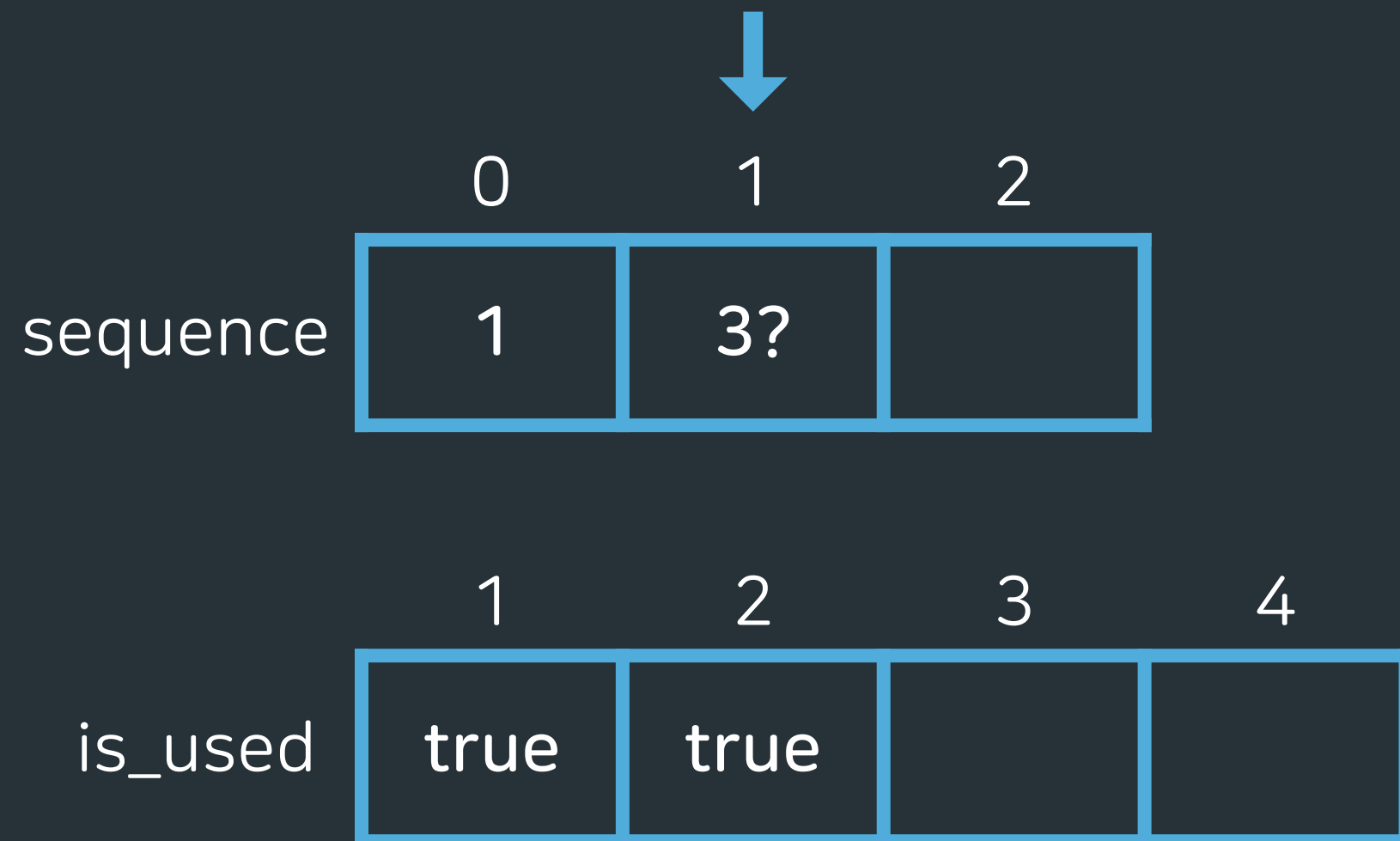
N과 M(1)

- 1부터 n 까지의 자연수 중 중복없이 m 개를 고른 수열을 모두 구하는 문제
- $n = 4, m = 2$



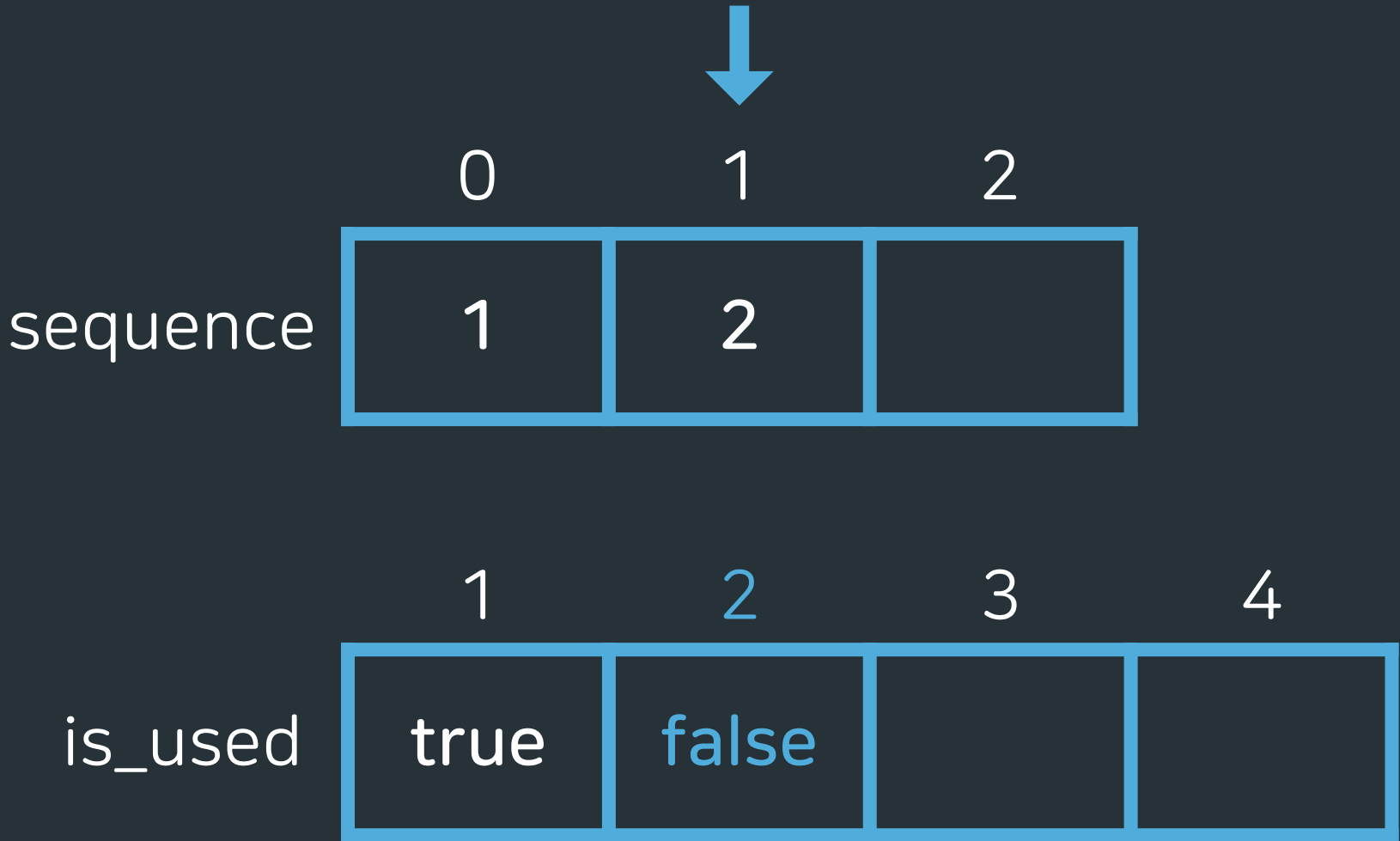
N과 M(1)

- 1부터 n 까지의 자연수 중 중복없이 m 개를 고른 수열을 모두 구하는 문제
- $n = 4, m = 2$



N과 M(1)

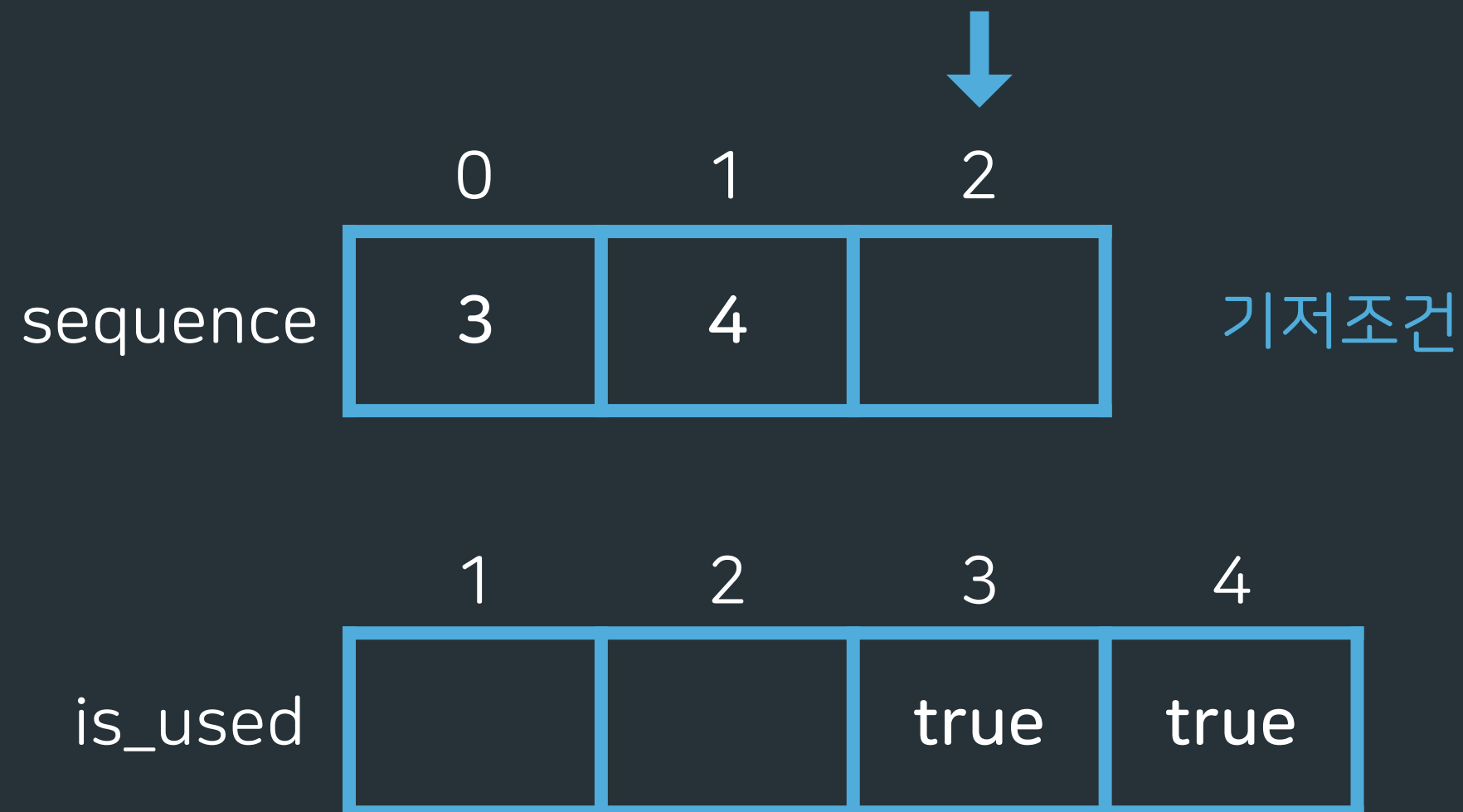
- 1부터 n까지의 자연수 중 중복없이 m개를 고른 수열을 모두 구하는 문제
- $n = 4, m = 2$



바로 탐색 이어서하지 않고, 꼭 원래 상태로 돌려놓아야 함
그래야 나중에 해당 요소 재탐색 가능

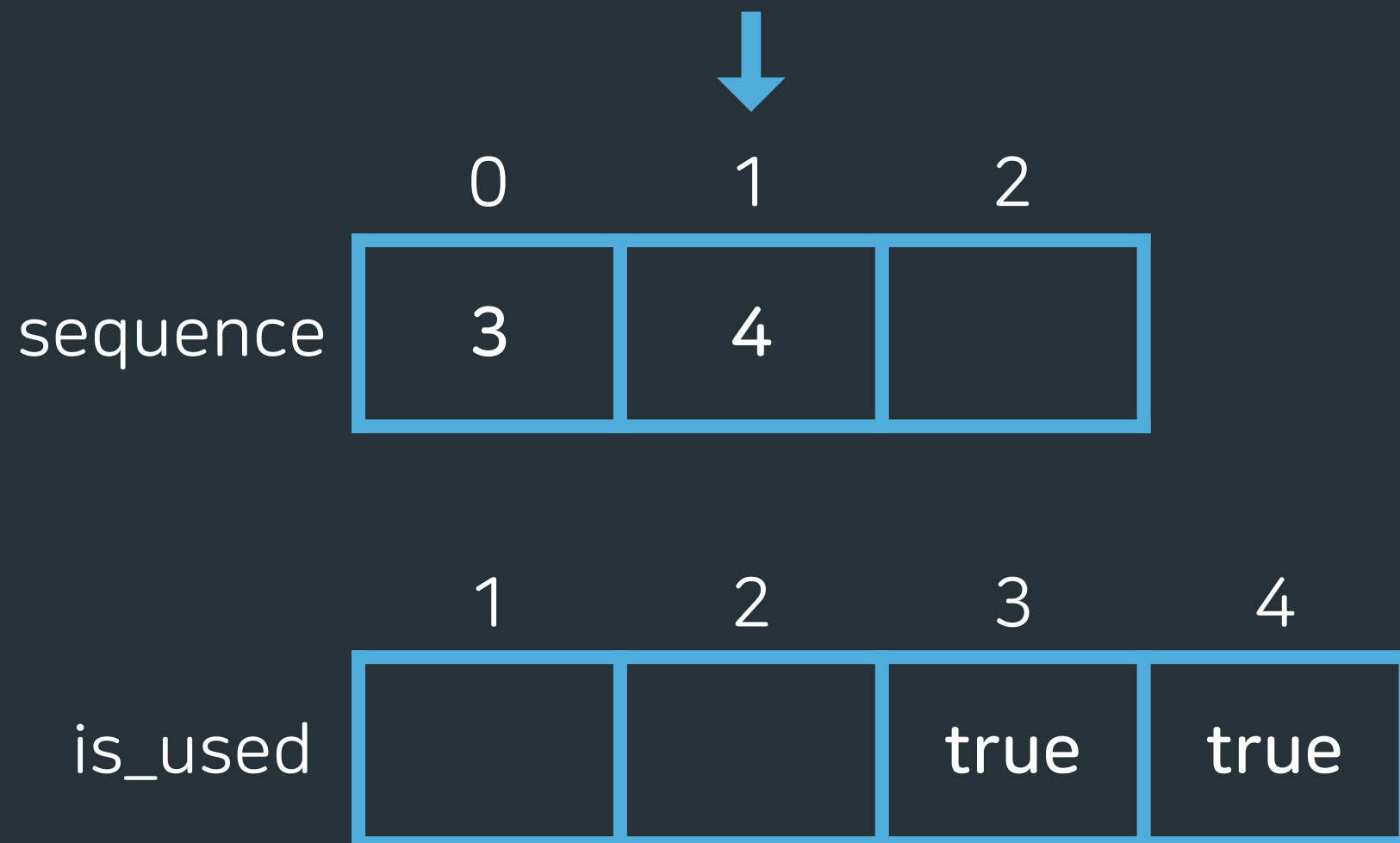
만약 원래대로 돌려놓지 않는다면...

- 1부터 n 까지의 자연수 중 중복없이 m 개를 고른 수열을 모두 구하는 문제
- $n = 4, m = 2$



만약 원래대로 돌려놓지 않는다면...

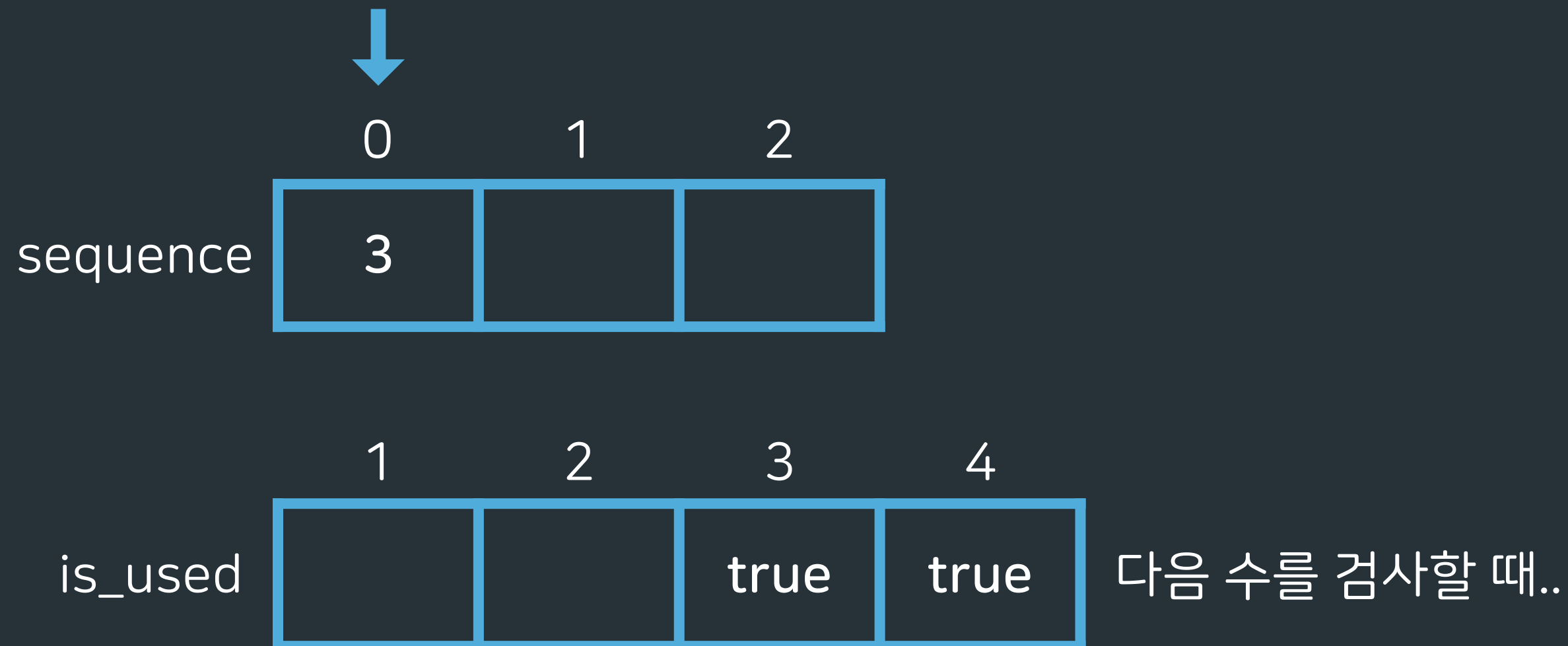
- 1부터 n 까지의 자연수 중 중복없이 m 개를 고른 수열을 모두 구하는 문제
- $n = 4, m = 2$



돌아왔을 때, 만약 원래 상태로 되돌려 놓지 않는다면?

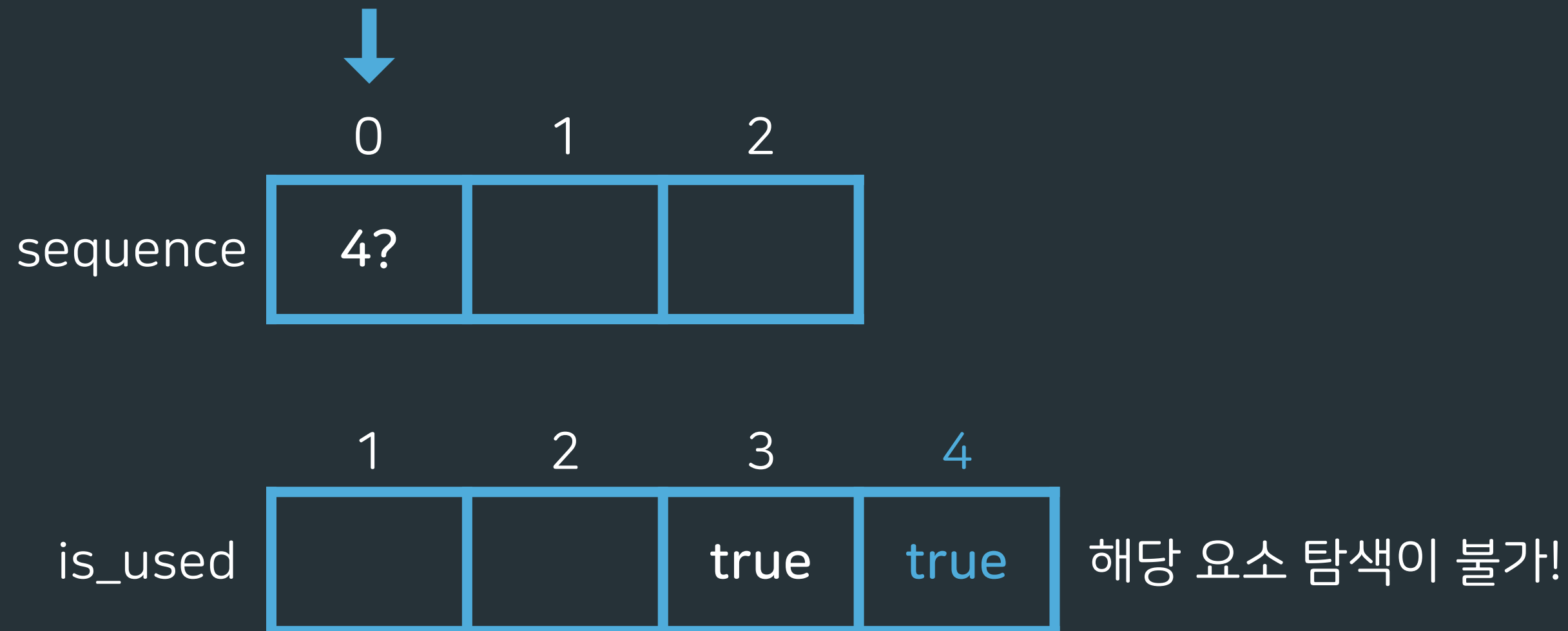
만약 원래대로 돌려놓지 않는다면...

- 1부터 n 까지의 자연수 중 중복없이 m 개를 고른 수열을 모두 구하는 문제
- $n = 4, m = 2$



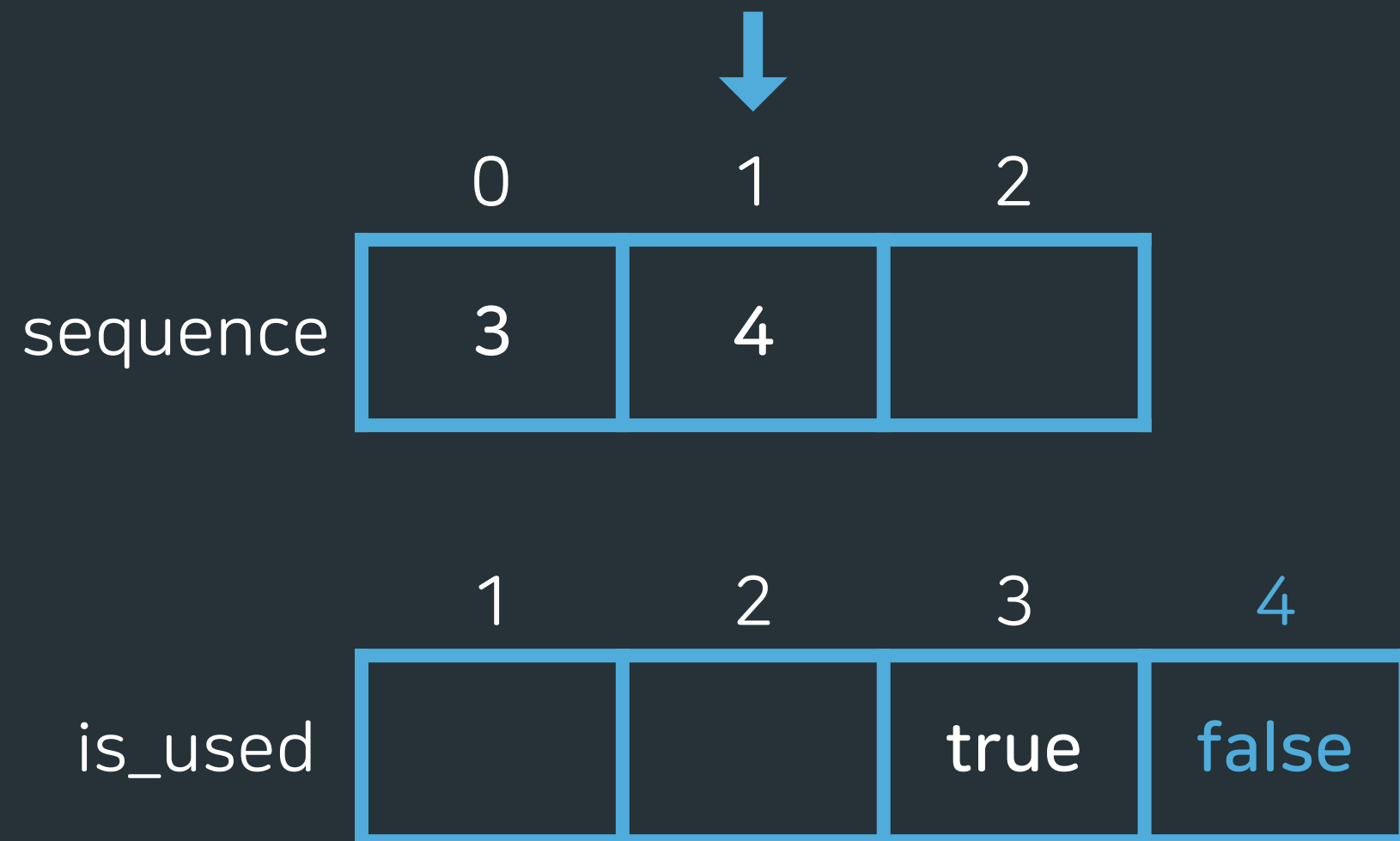
만약 원래대로 돌려놓지 않는다면...

- 1부터 n 까지의 자연수 중 중복없이 m 개를 고른 수열을 모두 구하는 문제
- $n = 4, m = 2$



만약 원래대로 돌려놓지 않는다면...

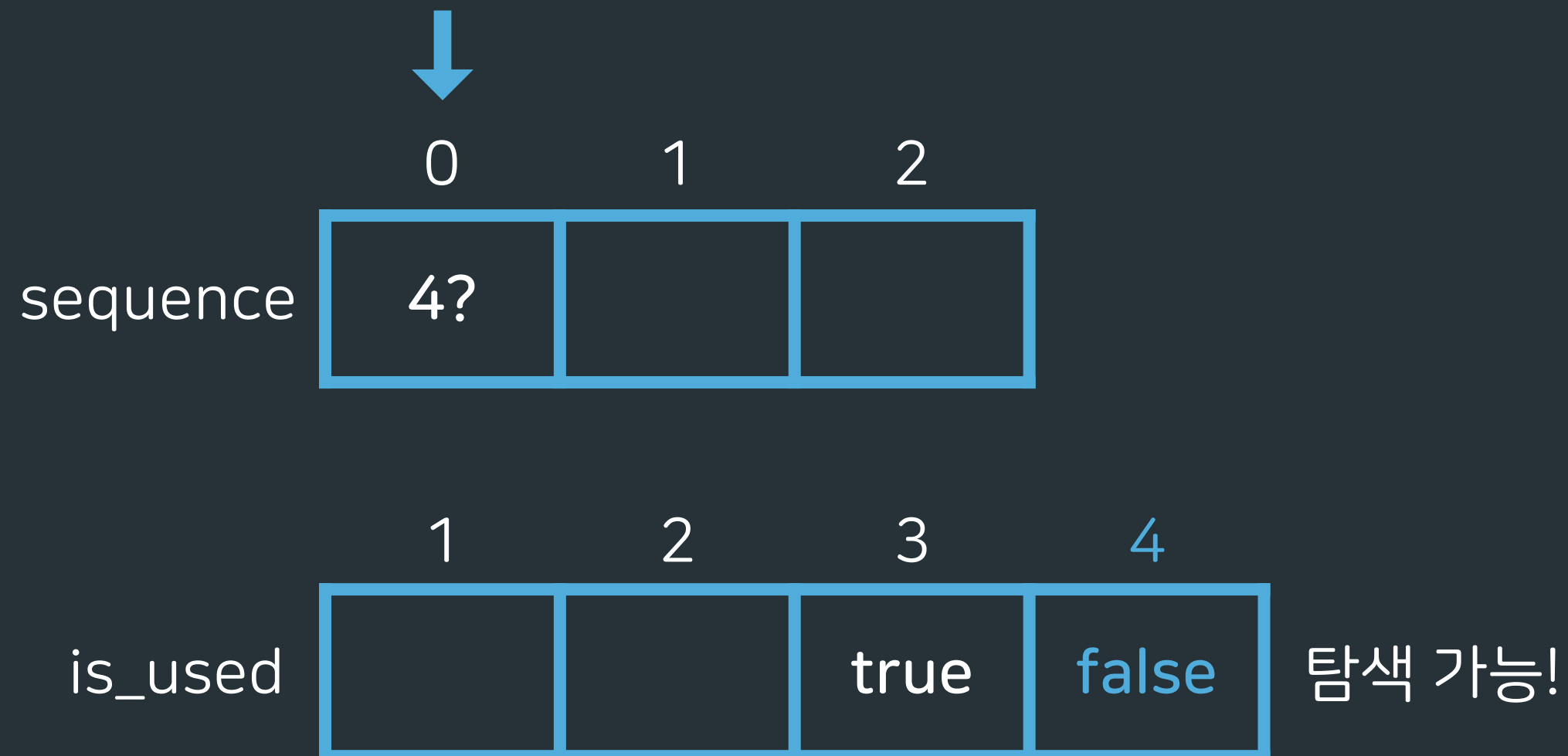
- 1부터 n 까지의 자연수 중 중복없이 m 개를 고른 수열을 모두 구하는 문제
- $n = 4, m = 2$



따라서 탐색을 하기 전,
꼭 원래 상태로 돌려놓는 것이 중요

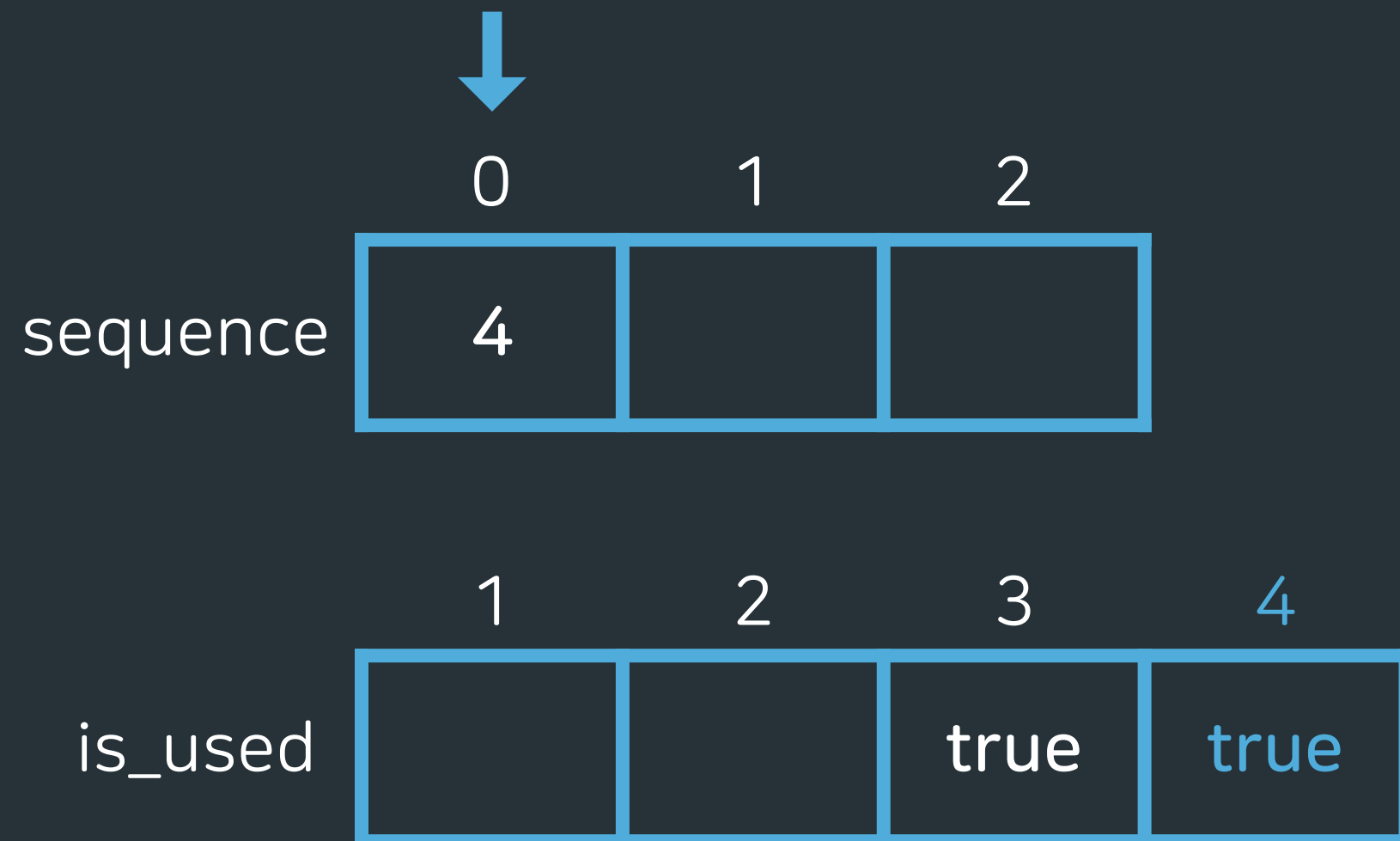
만약 원래대로 돌려놓지 않는다면...

- 1부터 n 까지의 자연수 중 중복없이 m 개를 고른 수열을 모두 구하는 문제
- $n = 4, m = 2$



만약 원래대로 돌려놓지 않는다면...

- 1부터 n 까지의 자연수 중 중복없이 m 개를 고른 수열을 모두 구하는 문제
- $n = 4, m = 2$



/<> 2529번 : 부등호 - Silver 1

문제

- 부등호 기호 '<', '>'가 k개 나열된 순서열 A가 주어짐
(ex: A \Rightarrow <<<><<><>)
- 부등호 기호 사이에 서로 다른 한 자릿수 숫자(0~9)를 넣어 모든 부등호 관계를 만족시키려고 함
(ex: 3 < 4 < 5 < 6 > 1 < 2 < 8 > 7 < 9 > 0)
- 부등호 기호를 제거한 뒤, 숫자를 모두 붙여 하나의 수를 만듦
(ex: 3456128790)
- 부등호 순서를 만족하는 (k+1)자리의 정수 중에서 최댓값과 최솟값을 찾아야 함
- 단, 선택된 숫자는 모두 달라야 함

예제 입력

```
2
< >
```

```
9
> < < < > > > < <
```

예제 출력

```
897
021
```

```
9567843012
1023765489
```

접근

- 제약 조건을 살펴보자
 - k 개의 부등호 기호 사이에 서로 다른 한 자릿수 숫자를 넣음 → $k+1$ 개 숫자 필요
 - 단, 선택된 숫자는 모두 달라야 함 → 중복 X

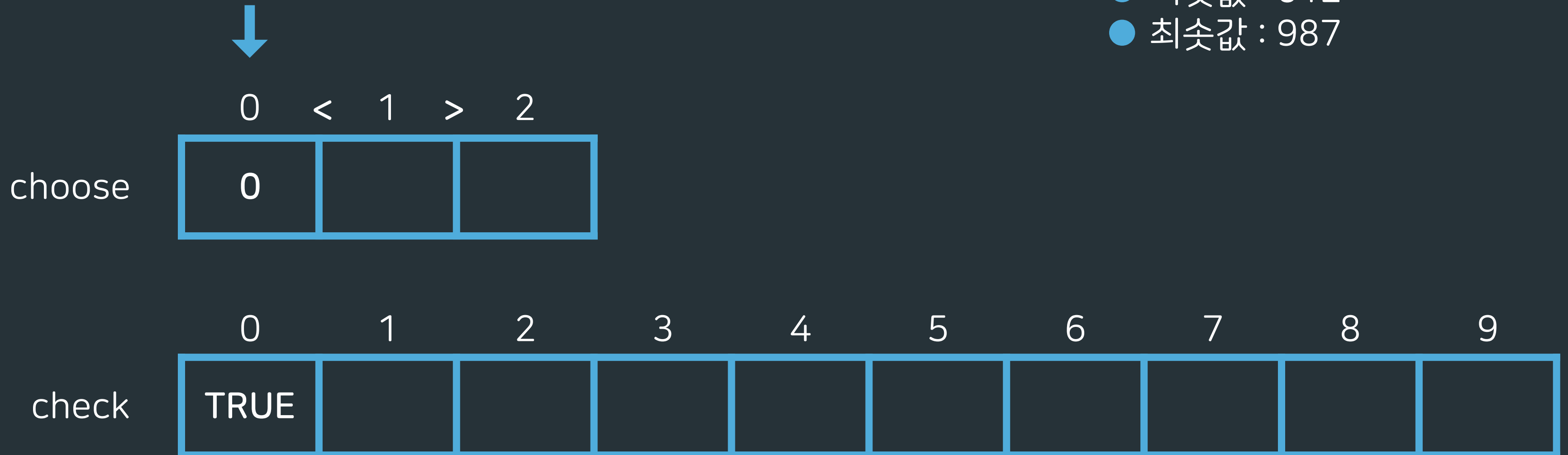
→ 중복을 허용하지 않는 $k+1$ 길이의 수열 뽑기

- 부등호 관계를 만족시켜야 함
 - $<$: 이전 숫자보다 큰 숫자를 뽑아야 함
 - $>$: 이전 숫자보다 작은 숫자를 뽑아야 함
 - 처음 숫자를 뽑는 경우는 따로 처리가 필요 (이전 숫자가 없으므로)
- 수열을 다 뽑았으면 최댓값 & 최솟값 갱신

- < > 를 만족시키는 수열 뽑기

- 최댓값과 최솟값 미리 초기화

- 최댓값 : 012
- 최솟값 : 987



- < > 를 만족시키는 수열 뽑기



choose

0	<	1	>	2
0		0?		

이미 선택한 숫자

- 최댓값 : 012
- 최솟값 : 987

check

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TRUE									

- < > 를 만족시키는 수열 뽑기



choose

0	<	1	>	2
0		1		

check

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TRUE	TRUE								

- 최댓값 : 012
- 최솟값 : 987

- < > 를 만족시키는 수열 뽑기



choose

0	<	1	>	2
0		1		0? 1?

이미 선택한 숫자

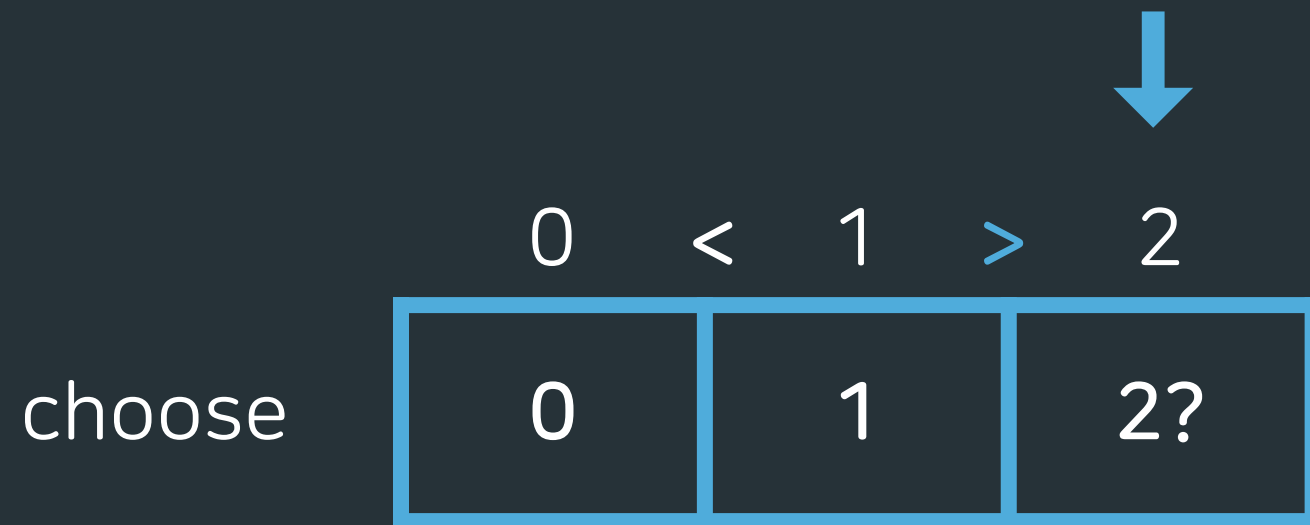
- 최댓값 : 012
- 최솟값 : 987

check

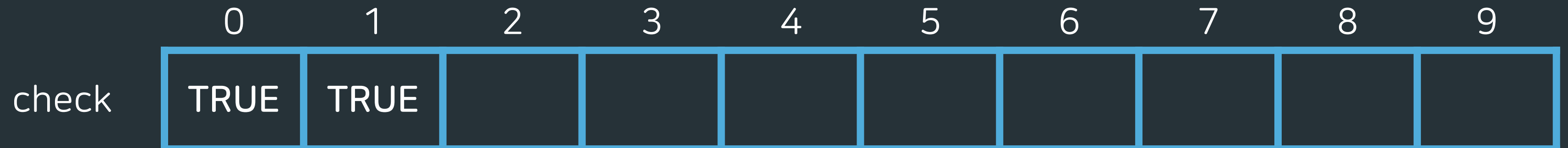
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TRUE	TRUE								

- < > 를 만족시키는 수열 뽑기

- 최댓값 : 012
- 최솟값 : 987



이전 숫자보다 크기 때문에 선택 불가
(나머지 3~9도 마찬가지)



- < > 를 만족시키는 수열 뽑기



choose

0	<	1	>	2
0		2		

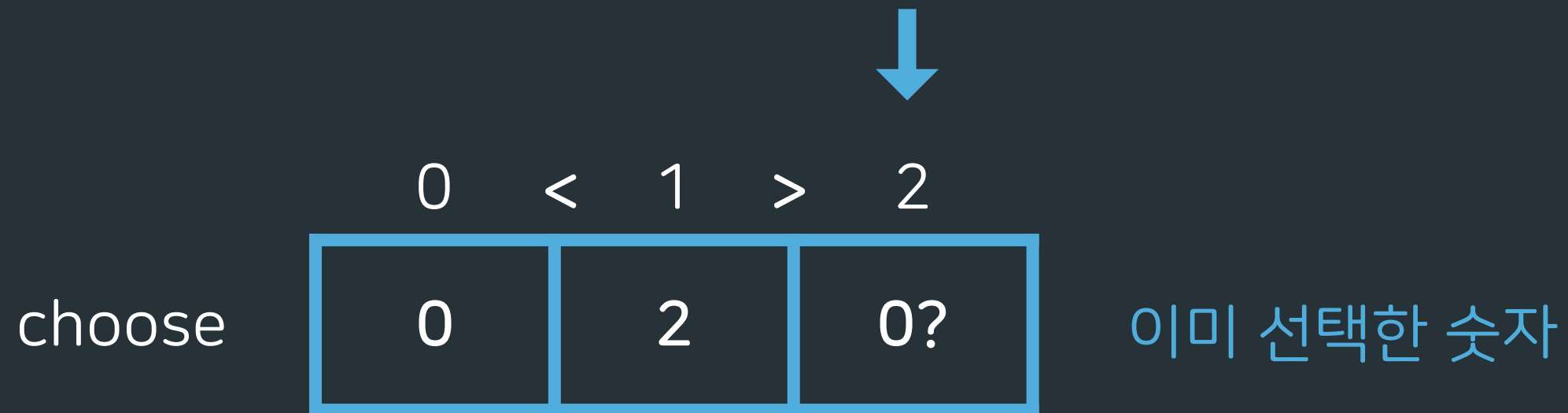
check

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TRUE		TRUE							

- 최댓값 : 012
- 최솟값 : 987

- < > 를 만족시키는 수열 뽑기

- 최댓값 : 012
- 최솟값 : 987



	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
check	TRUE		TRUE							

- < > 를 만족시키는 수열 뽑기



choose

0	<	1	>	2
0		2		1

조건 만족!! → 갱신 ...반복

- 최댓값 : 012
- 최솟값 : 987 → 021

check

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TRUE	TRUE	TRUE							

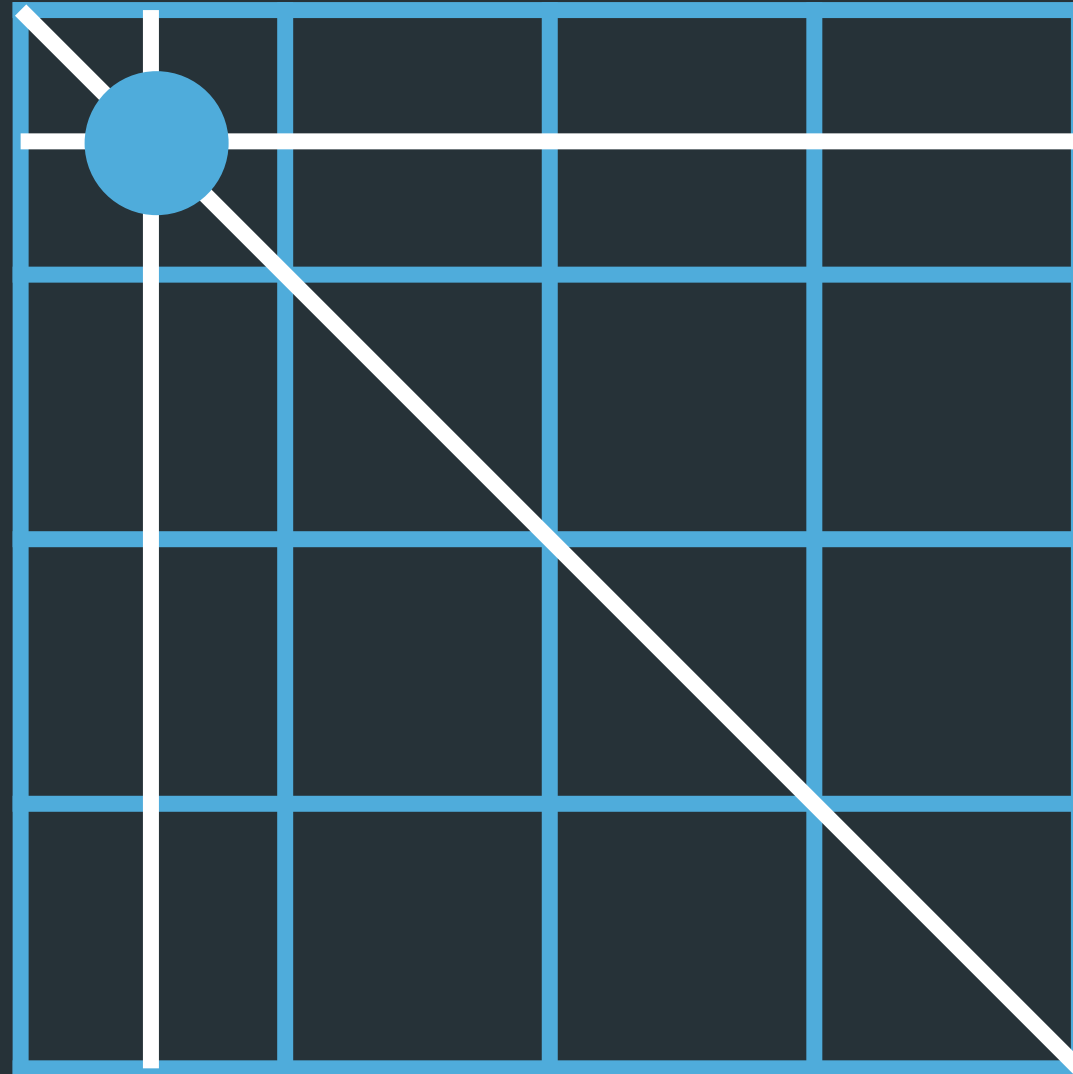
/<> 9663번 : N-Queen – Gold 4

문제

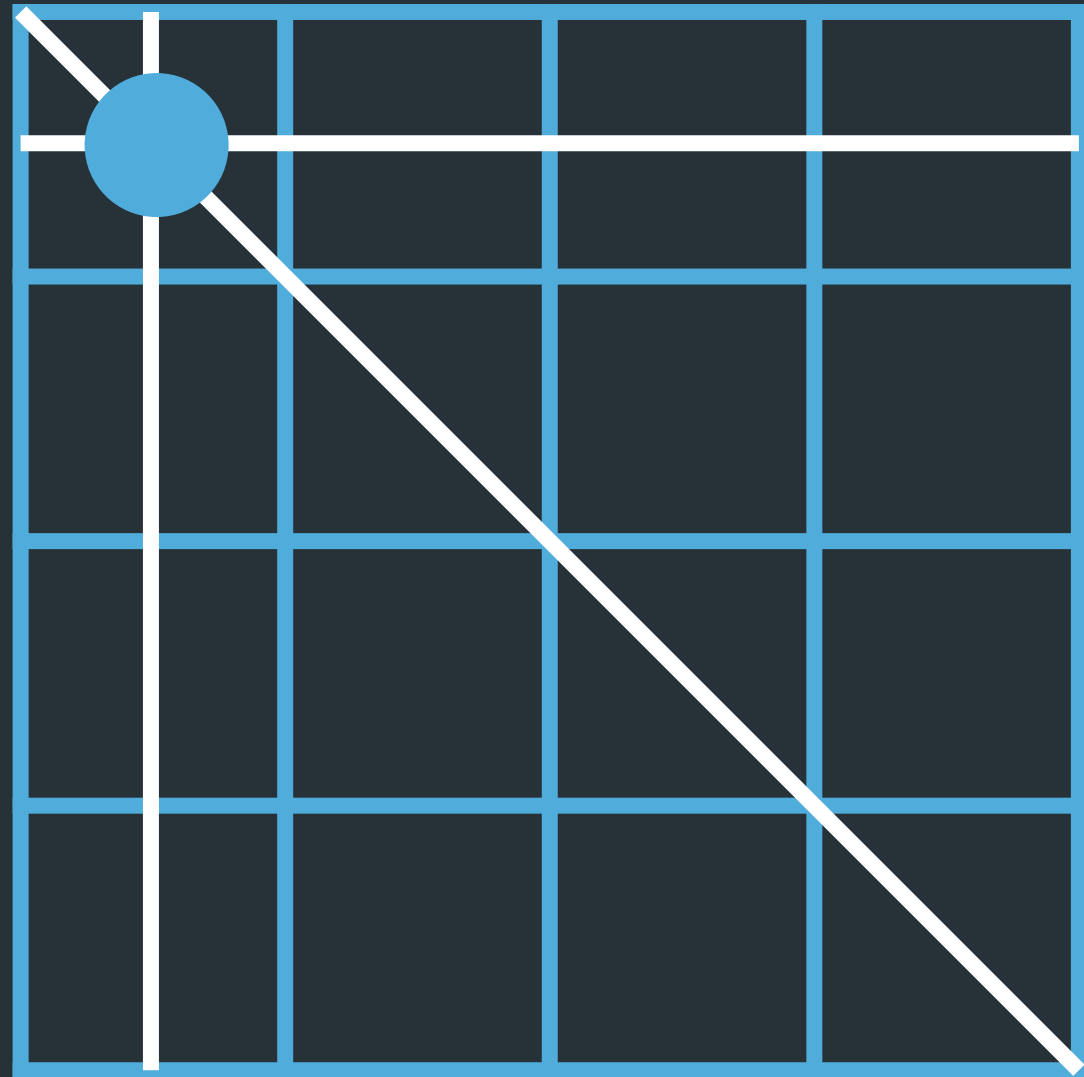
- $N \times N$ 인 체스판 위에 퀸 N 개를 서로 공격할 수 없게 놓는 경우의 수 구하는 문제

제한 사항

- 입력 범위는 $1 \leq N < 15$



- 퀸이 놓이면, 가로, 세로, 대각선에 위치한 곳엔 다른 퀸을 둘 수 없다.



- 퀸이 놓이면, 가로, 세로, 대각선에 위치한 곳엔 다른 퀸을 둘 수 없다.

제한 사항

- 입력 범위는 $1 \leq N < 15$

접근

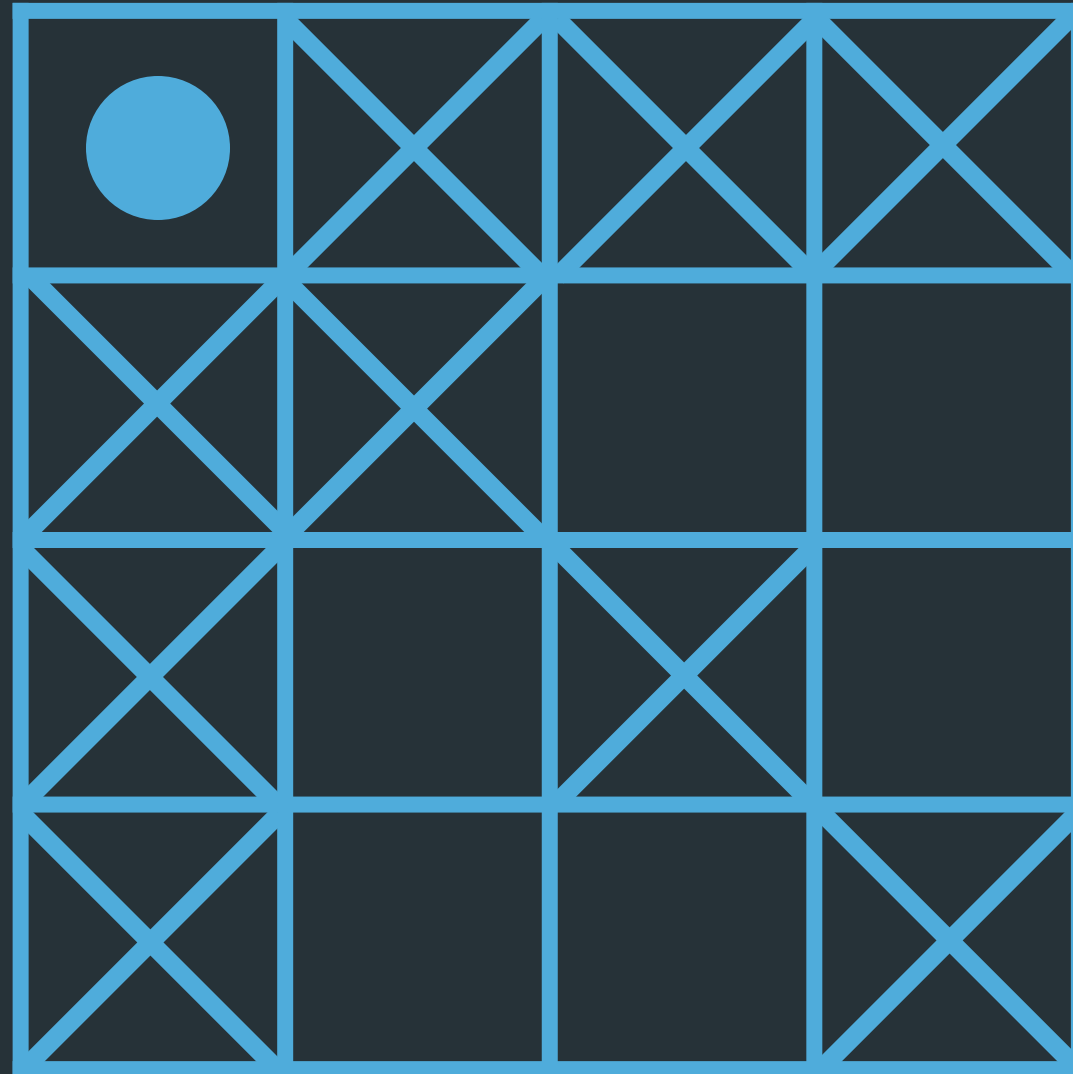
- 완전탐색?
→ $C(225, 15) > 10^{30}$, 절대 불가능!
- 가지치기를 어떻게 할 수 있을까?

Hint

1. N과 M문제에서 가지치기를 위해 무엇을 사용했었죠?
2. 그런데 가지치기할 곳이 1 군데는 아닌 것 같아요. 대각선도 방향이 하나가 아니죠.

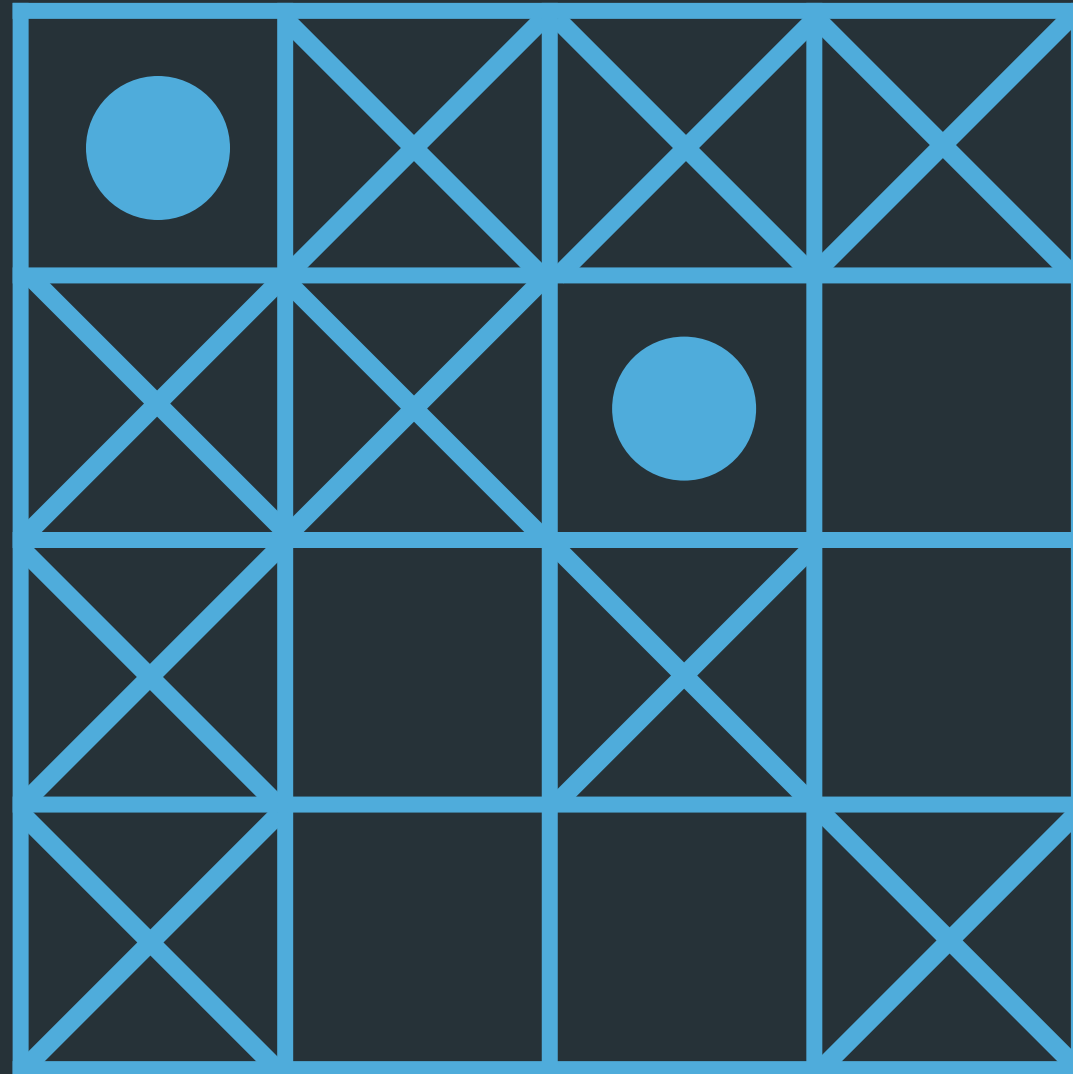
N-Queen

● N = 4



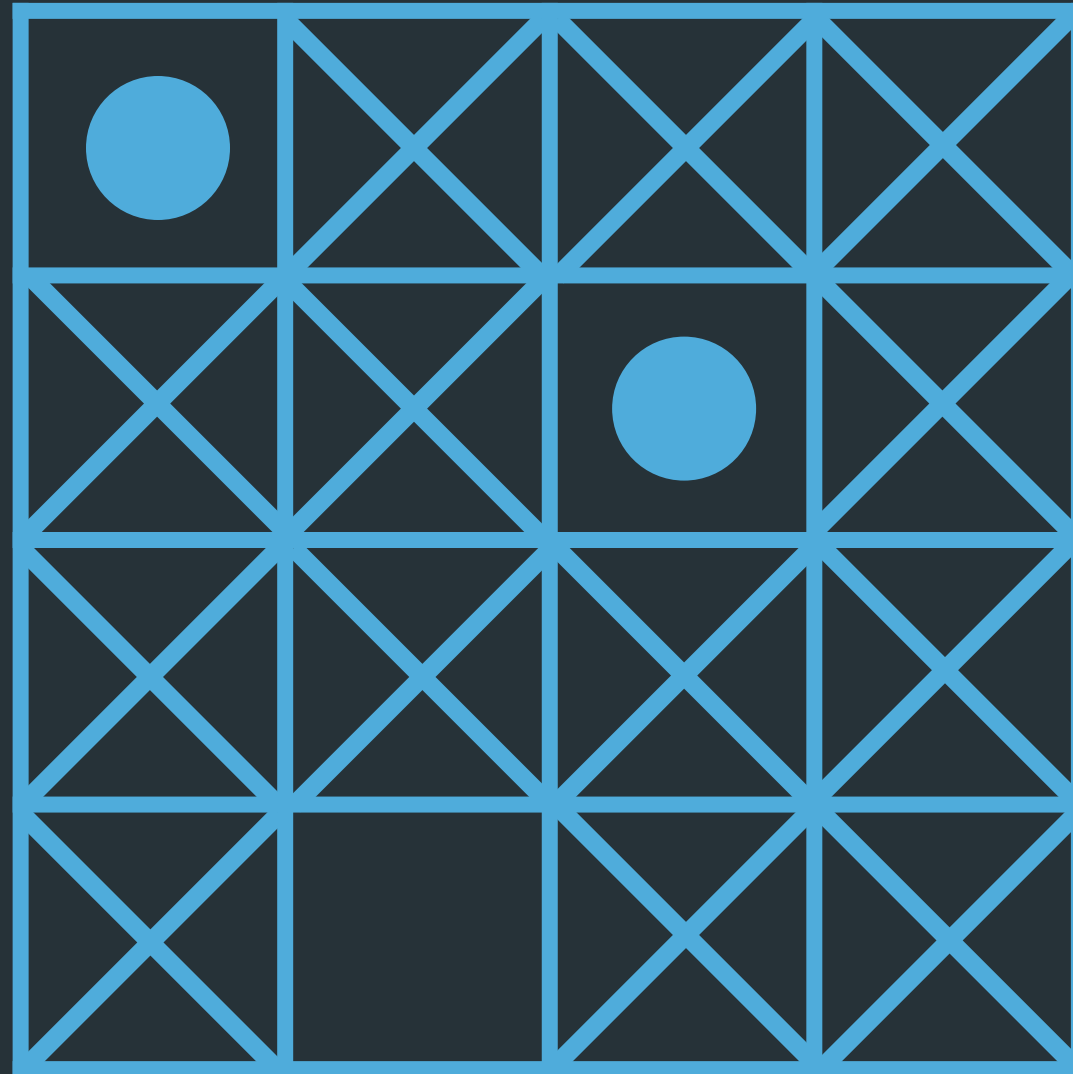
N-Queen

● N = 4



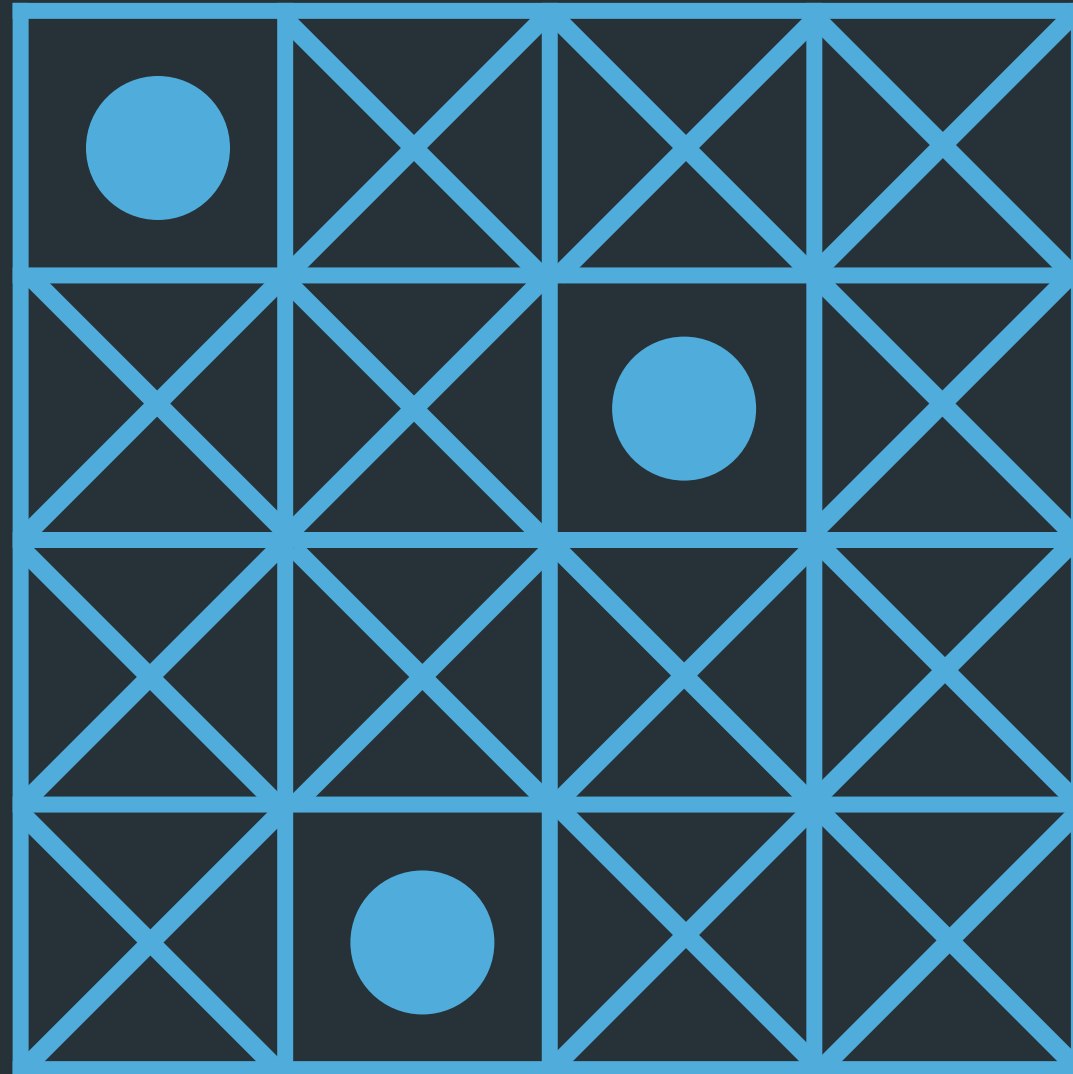
N-Queen

● N = 4



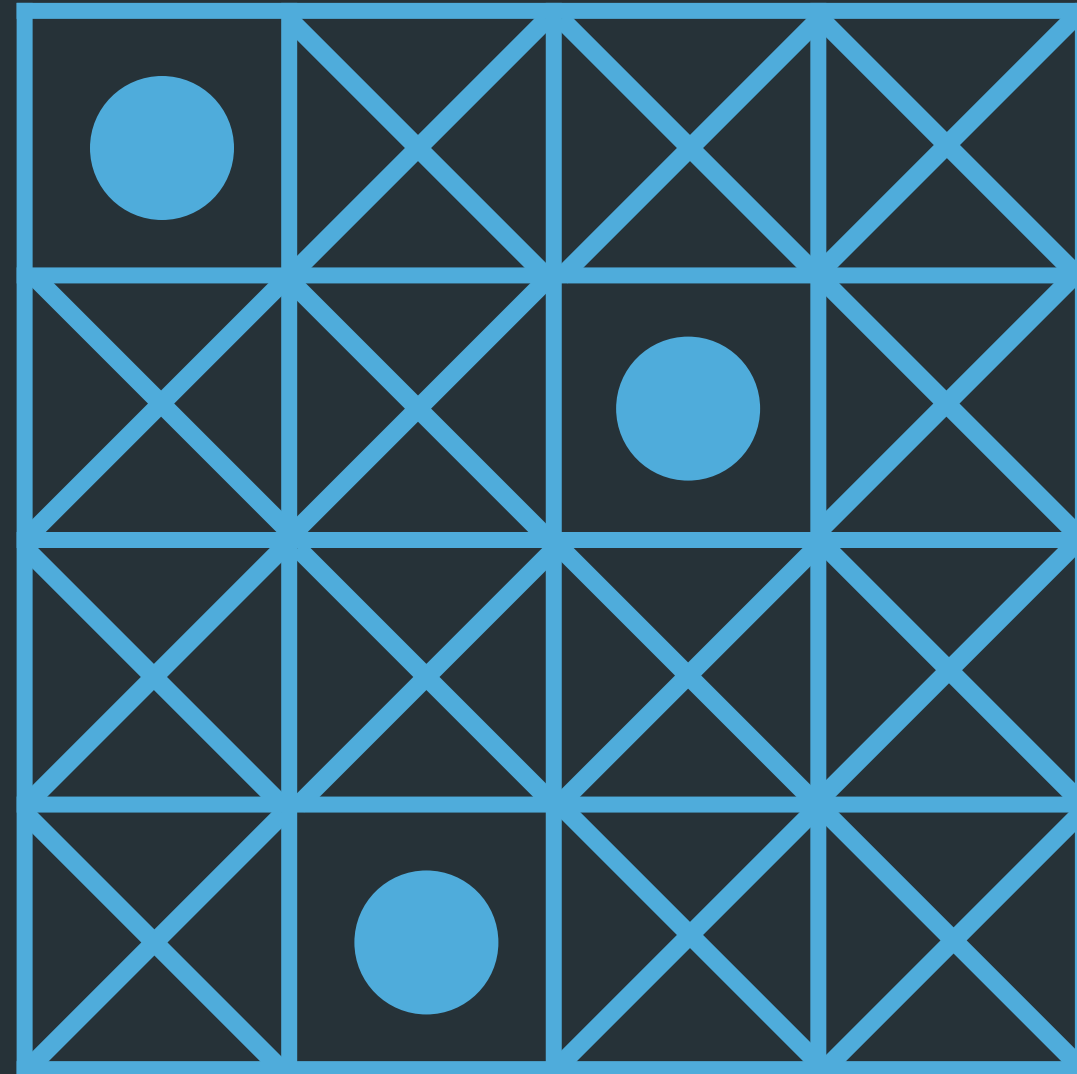
N-Queen

● N = 4



N-Queen

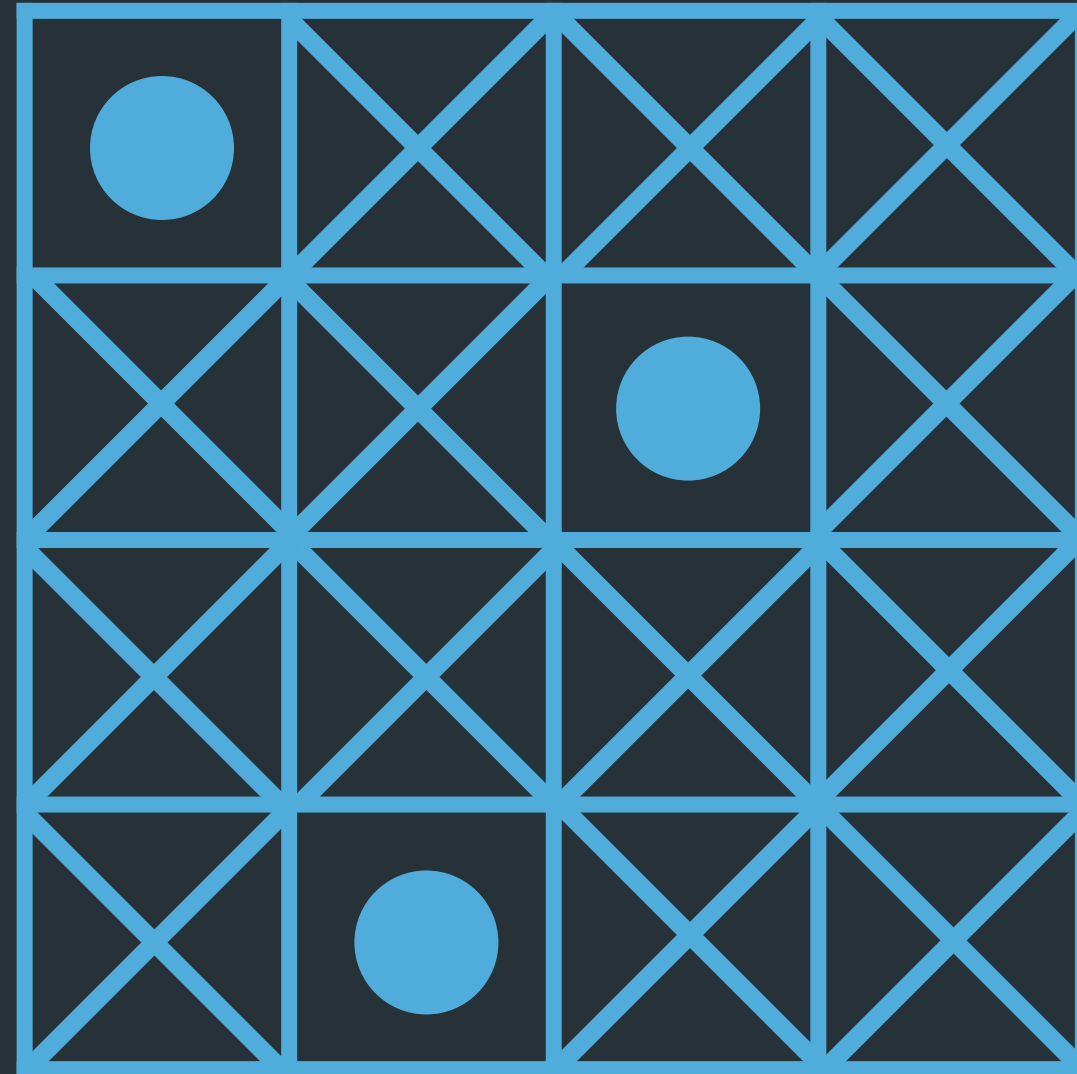
● N = 4



● 더 이상 탐색 불가! 더불어 퀸이 3개라 정답도 아님
→ 다시 전으로 돌아감

N-Queen

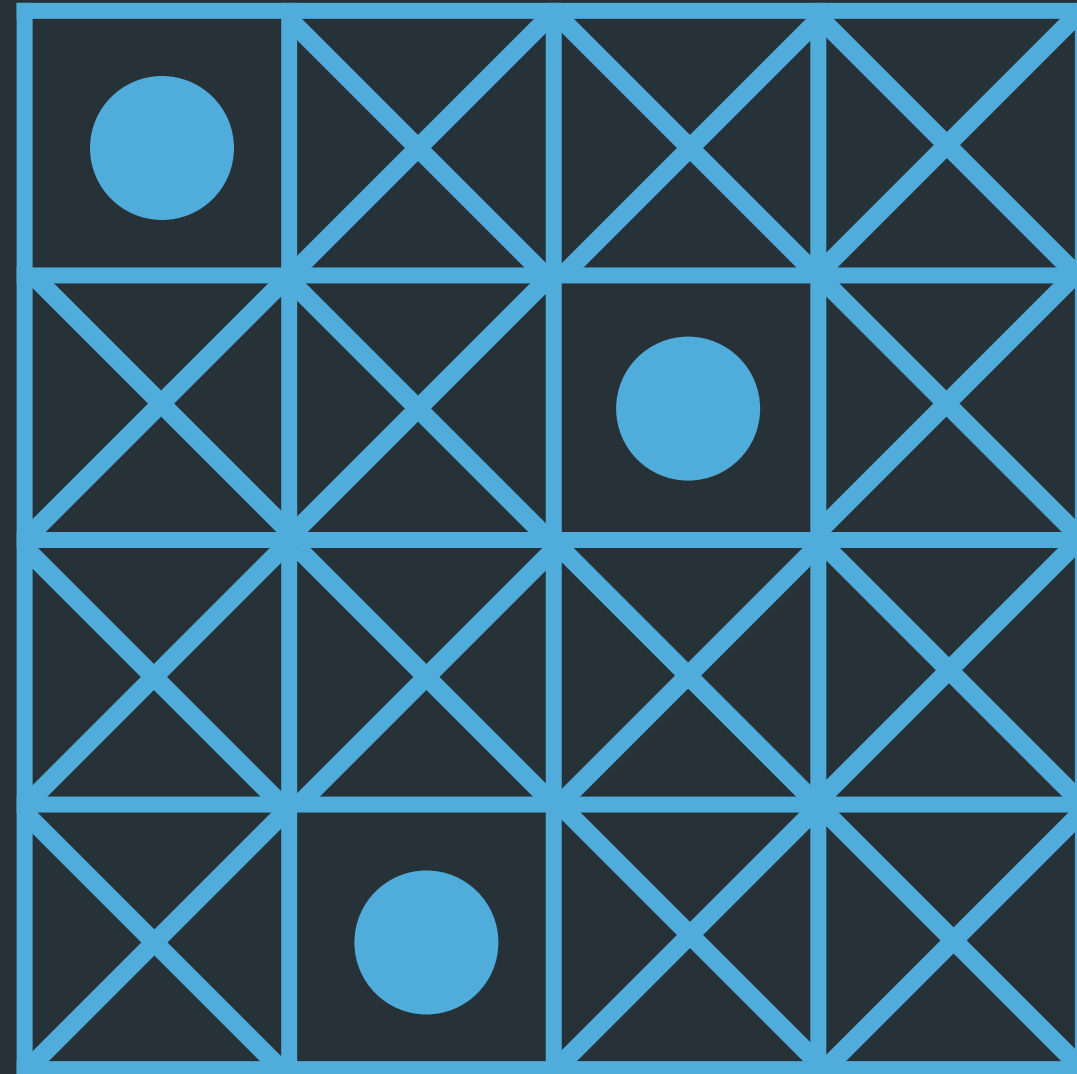
● $N = 4$



● 퀸을 놓을 수 있는 자리를 2차원 체크배열로?

N-Queen

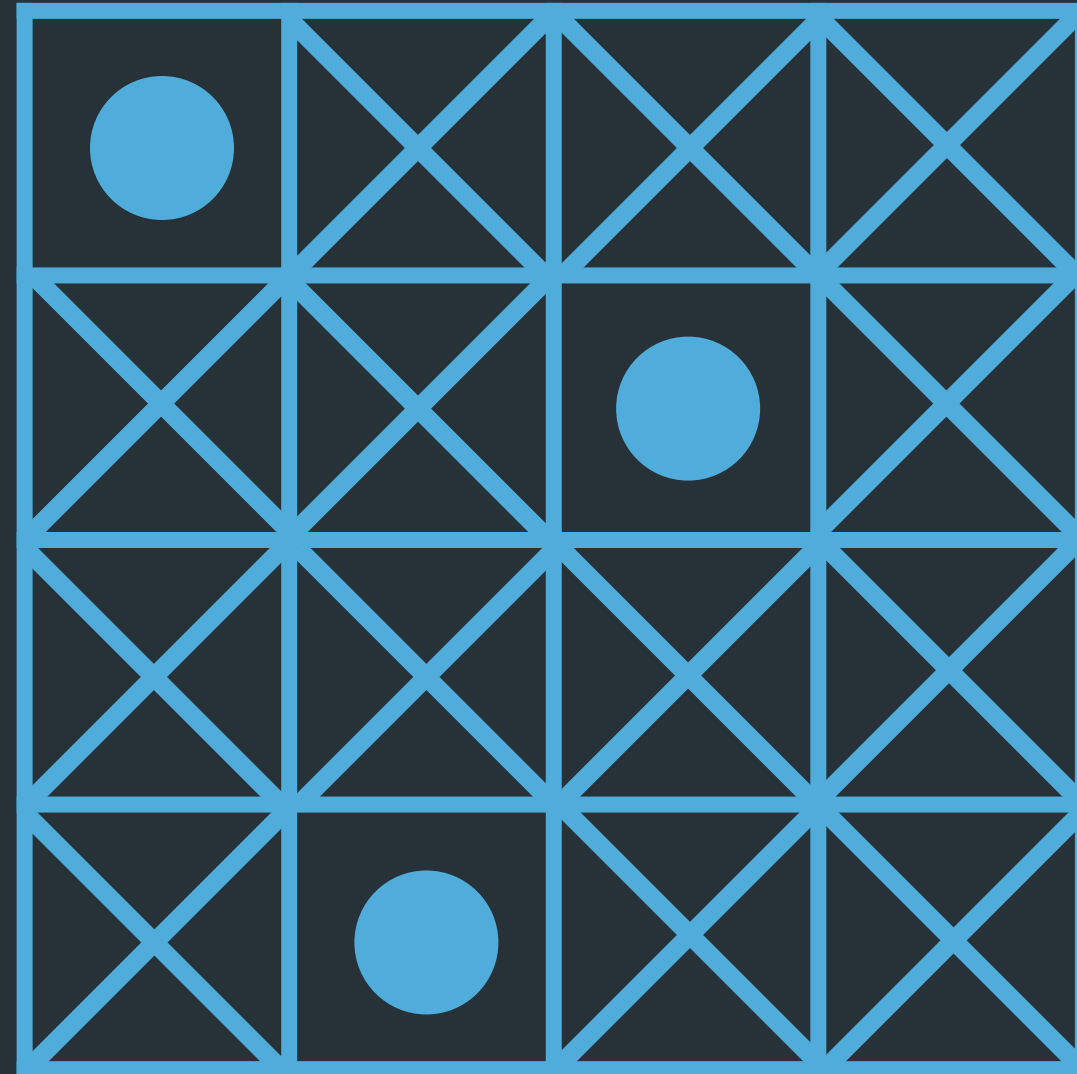
● N = 4



- 퀸을 놓을 수 있는 자리를 2차원 체크배열로?
→ 체크를 하는 데 반복문을 사용할테므로 시간 걸려서 안됨!

N-Queen

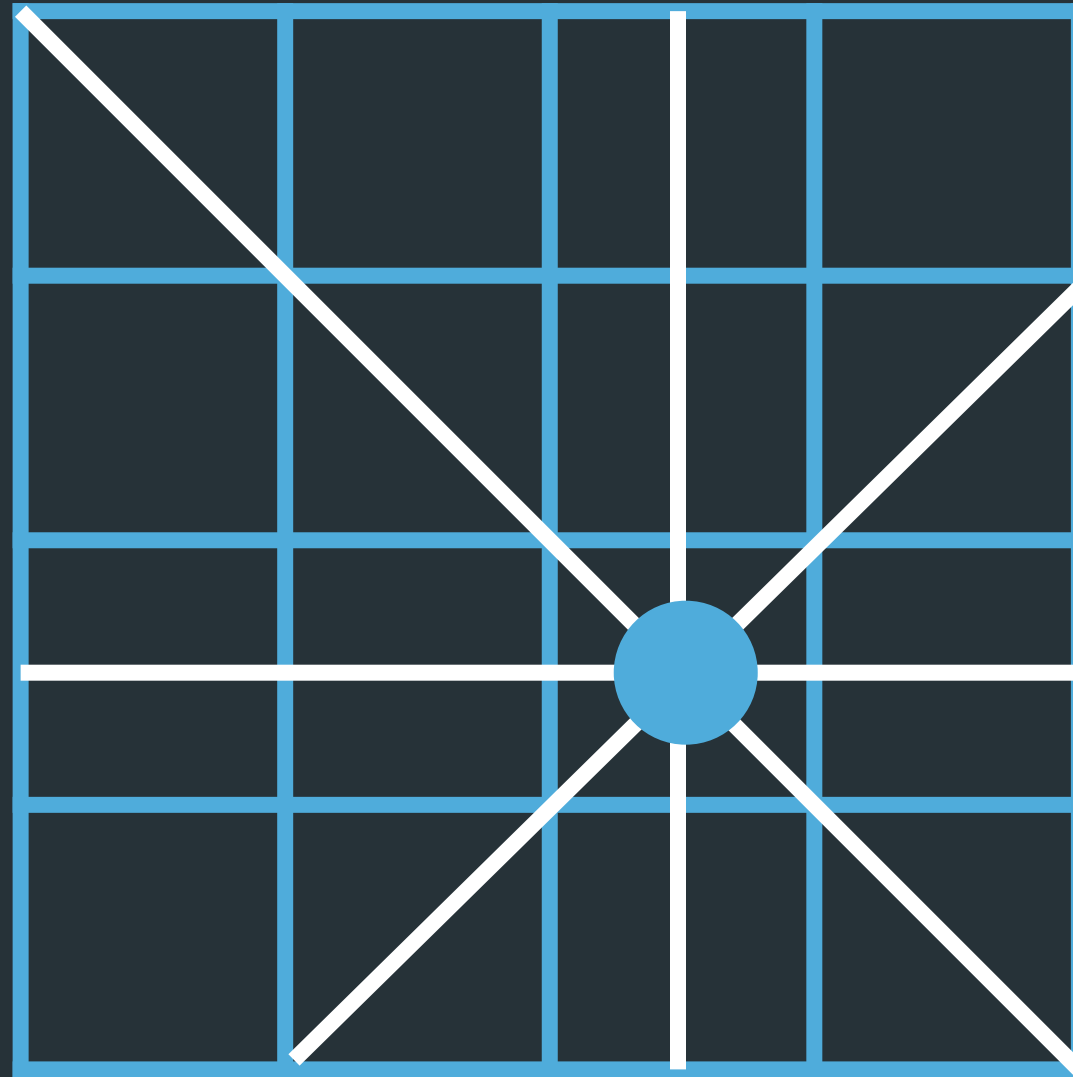
● N = 4



● 한 번에 체크할 수 있는 배열이 필요
→ 각 줄을 인덱스로!

N-Queen

● N = 4



- 우선 세로의 중복을 피하려면 각 열마다 1개 & 가로와 세로에는 각각 1개만 들어감!
 - 즉, 가로와 세로에는 각각 1개만 들어감!
 - 각 가로(행)에 대해, 퀸이 놓일 세로(열) 위치 결정
- ⇒ 세로, 좌하향 대각선, 우하향 대각선의 퀸 존재 여부를 bool 배열로 구현!

N-Queen

- $N = 4$
- 행: i , 열: j

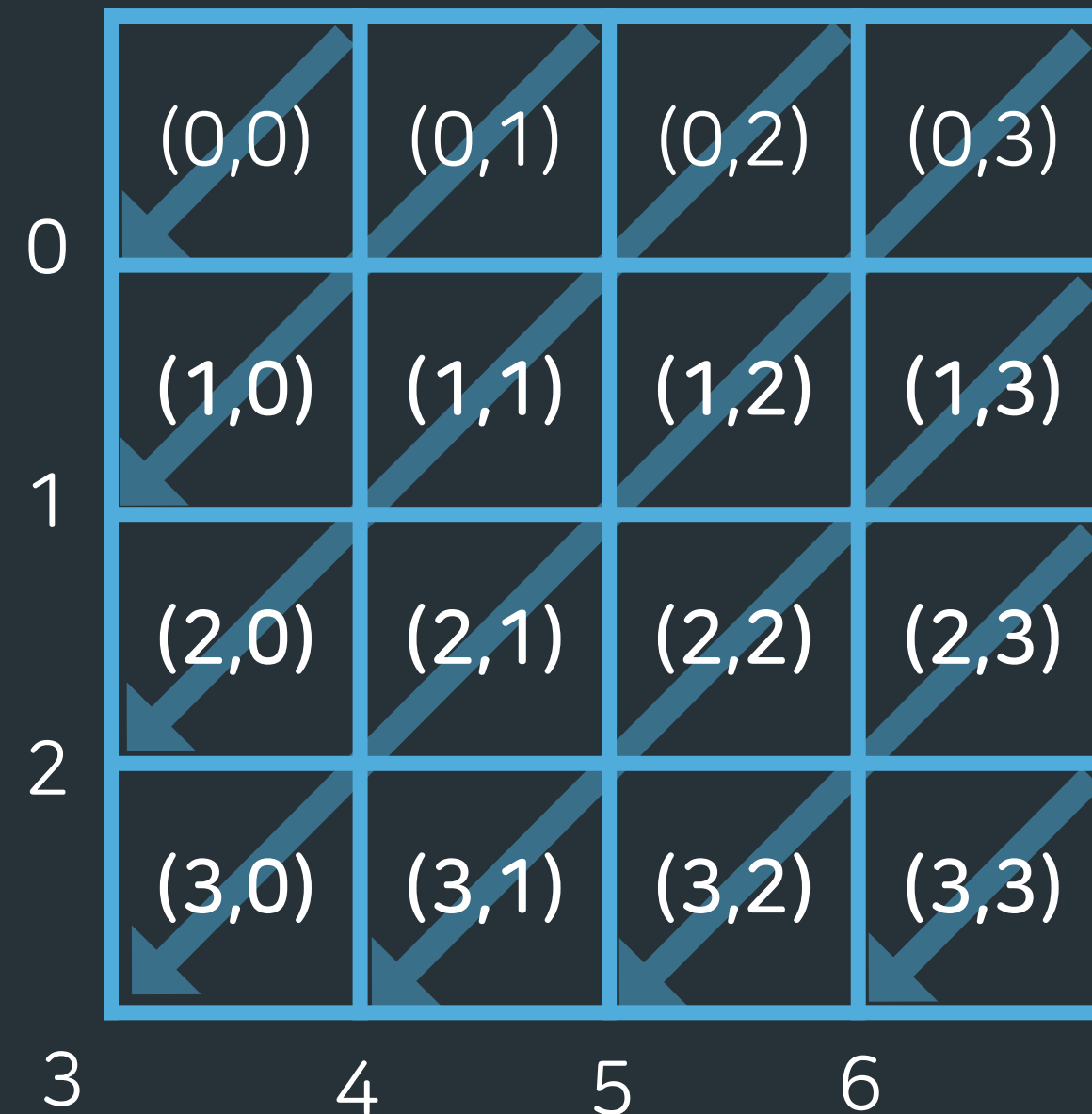
`is_queen_in_col[j]`

(0,0)	(0,1)	(0,2)	(0,3)
(1,0)	(1,1)	(1,2)	(1,3)
(2,0)	(2,1)	(2,2)	(2,3)
(3,0)	(3,1)	(3,2)	(3,3)

→ 세로, 좌하향 대각선, 우하향 대각선의 퀸 존재 여부를 bool 배열로 구현!

N-Queen

- $N = 4$
- 행: i , 열: j



`is_queen_in_left[i + j]`

→ 세로, 좌하향 대각선, 우하향 대각선의 퀸 존재 여부를 bool 배열로 구현!

N-Queen

- $N = 4$
- 행: i , 열: j

is_queen_in_right[$i - j$]

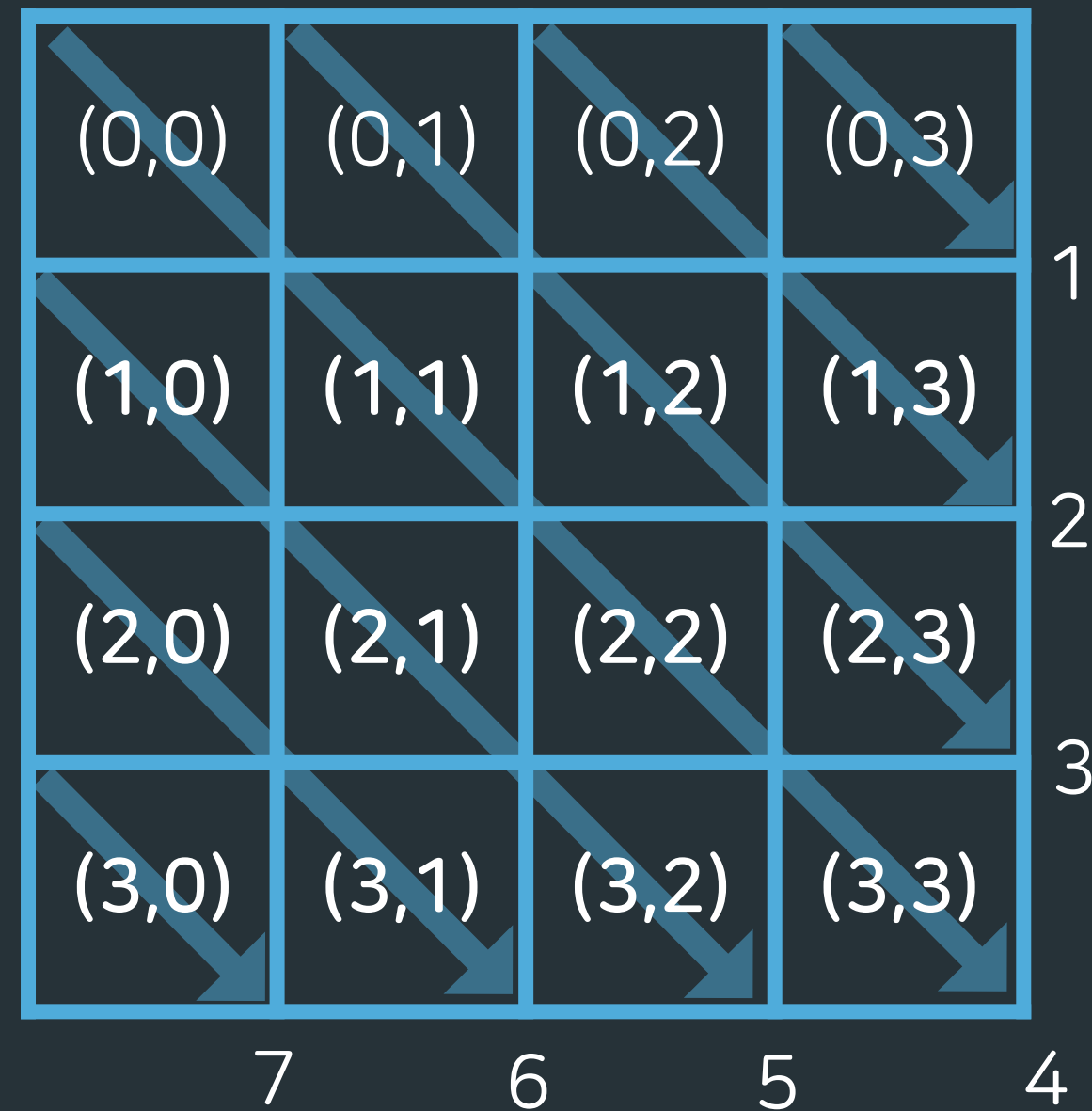


→ 세로, 좌하향 대각선, 우하향 대각선의 퀸 존재 여부를 bool 배열로 구현!

N-Queen

- $N = 4$
- 행: i , 열: j

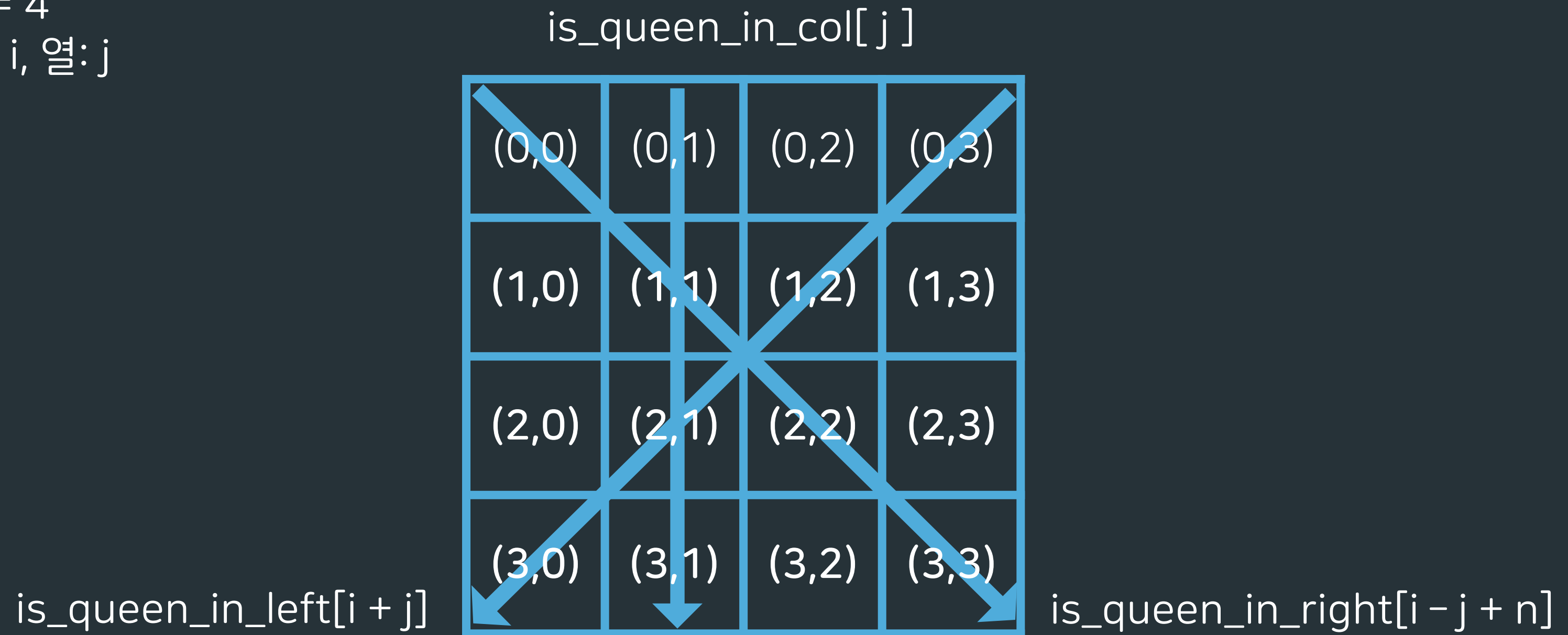
`is_queen_in_right[i - j + n]`



→ 세로, 좌하향 대각선, 우하향 대각선의 퀸 존재 여부를 bool 배열로 구현!

N-Queen

- $N = 4$
- 행: i , 열: j

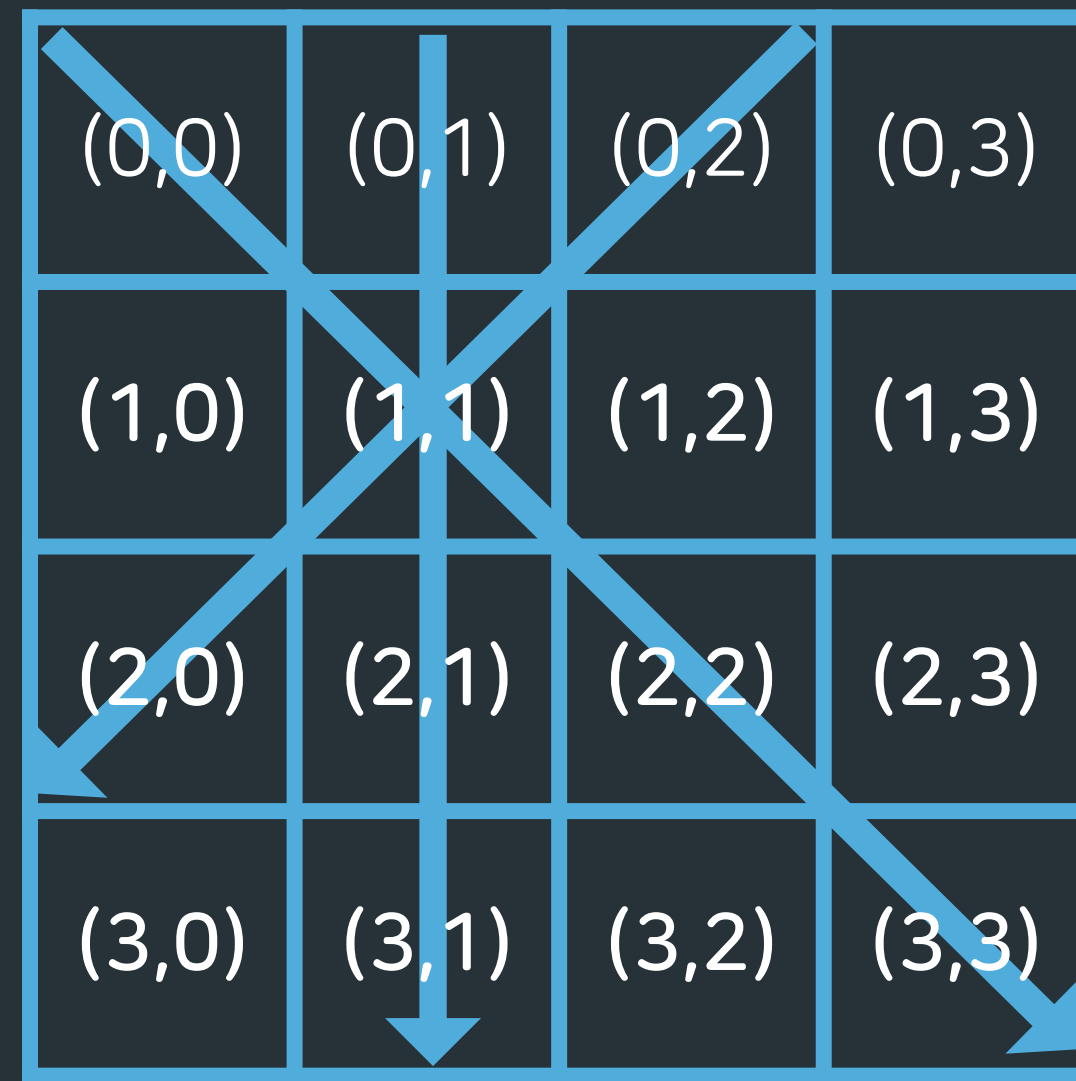


→ 세로, 좌하향 대각선, 우하향 대각선의 퀸 존재 여부를 bool 배열로 구현!

N-Queen

- $N = 4$
- 행: i , 열: j
- (ex) $(1, 1)$ 에 퀸을 놓는다면

`is_queen_in_col[1] = true`



`is_queen_in_left[2] = true`

`is_queen_in_right[4] = true`

5 9663	맞았습니다!!	2020 KB	1684 ms
5 9663	맞았습니다!!	2020 KB	4528 ms

← 현재 풀이
← 다른 풀이

→ 가지치기를 어떻게 하느냐에 따라 백트래킹 속도 효율이 달라진다!

*해당 다른 풀이는 깃허브 라이브 코딩 폴더에 별도로 올라갈 예정입니다!

*가지치기가 어떻게 다른지 비교해보아요.

백트래킹 문제는 다른 풀이(완전 탐색)이 가능한 경우가 많아요



비트마스킹

- 비트(0 / 1)의 연산을 활용한 알고리즘
- 배열의 원소 상태가 2가지로 나뉠 수 있는 백트래킹 문제에서 활용 가능

permutation

- 다음 순열(next_permutation) 혹은 이전 순열(prev_permutation)을 구하는 알고리즘
- 원소의 순서를 정해야 하는 백트래킹 문제에서 활용 가능
- 그러나! 백트래킹이 아닌 완전탐색이므로 속도는 백트래킹보다 느림

정리

- 완전탐색에서 나아가 특정한 조건을 만족하는 경우만 탐색하는 백트래킹
- 입력 범위가 작고(보통 20을 넘지 않는다), 재귀함수로 주로 구현!
- 백트래킹을 쉽게 구현하다보니, 전역변수와 void 함수를 사용하지만 다른 알고리즘에선 가능한 쓰지 않는게 좋다
- 가지치기를 어디서 해야 하는지와 어떻게 할지 파악하는게 중요
- 가지치기를 얼마나 잘하냐에 따라 시간의 효율도 높아짐


이것도 알아보세요!

- 문제를 풀고 제출한 후, 다른 사람들의 풀이와 내 풀이의 시간을 비교해보아요. (가지치기 효율)
- next_permutation과 비트마스킹으로 백트래킹 문제를 풀어보고 시간을 비교해보아요.

필수

- /<> 20055번: 컨베이어 벨트 위의 로봇 - Gold 5
- /<> 15665번 : N과 M (11) - Silver 2
- /<> 14888번 : 연산자 끼워넣기 - Silver 1

도전

-  프로그래머스: 소수 찾기 - Lv.2
- /<> 2580번 : 스도쿠 - Gold 4

과제제출 마감 ~ 10월 18일 수요일 18:59

추가제출 마감 ~ 10월 19일 목요일 23:59